

Penulis utama buku ini adalah Ketua Laboratorium Pasca Panen dan Pengemasan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Penulis diberikan tugas tambahan hingga tahun 2019 sebagai Sekertaris Eksekutif Program Pengembangan Kampus Universitas Mulawarman melalui Hibah IDB. Ia juga menjabat sebagai Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) cabang Kalimantan Timur. Buku ini memuat sebagian artikel dari sekitar 40 publikasi yang telah dihasilkan baik berupa jurnal internasional, jurnal nasional terakreditasi, majalah, tulisan populer, maupun bacaan ringan tentang pangan. Secara garis besar, bidang kajian penulis adalah Pangan Fungsional Berkhasiat Antioksidan dan Pengolahan Pasca Panennya. Produk-produk yang pernah diteliti diantaranya kakao, mandai cempedak, minyak sawit merah, kulit bengalun, kopi luwak, dan beberapa tanaman herbal khas Indonesia. Dilihat dari aspek teknologi pangan, buku Puspa Ragam Teknologi Pertanian memuat teknologi pengolahan, analisis kimia, organoleptik, toksisitas, mikrobiologi, dan keamanan pangan dari produk-produk yang telah penulis teliti maupun opini dan saran terhadap produk-produk populer dan gambaran pangan secara keseluruhan di Indonesia.

PT Penerbit IPB Press

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: penerbit.ipbpress@gmail.com

 Penerbit IPB Press  @IPBpress  ipbpress

ISBN : 978-602-440-787-2



9 786024 407872 >



Anton Rahmadi

Puspa Ragam Teknologi Pertanian



Puspa Ragam

TEKNOLOGI PERTANIAN

Kumpulan Publikasi Terpilih Tahun 2006 s.d. 2017



Anton Rahmadi

Puspa Ragam Teknologi Pertanian:

Kumpulan Publikasi Terpilih Tahun 2006 s.d. 2017



Puspa Ragam Teknologi Pertanian:

Kumpulan Publikasi Terpilih Tahun 2006 s.d. 2017

Editor:

Anton Rahmadi

Penerbit IPB Press

Jalan Taman Kencana No. 3,
Kota Bogor - Indonesia

C.01/04.2019

Judul Buku:

Puspa Ragam Teknologi Pertanian: Kumpulan Publikasi Terpilih Tahun 2006 s.d.
2017

Editor:

Anton Rahmadi

Desain Sampul & Penata Isi:

Syahrival

Jumlah Halaman:

274 + 16 halaman romawi

Edisi/Cetakan:

Cetakan 1, Juli 2019

PT Penerbit IPB Press

Anggota IKAPI

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: penerbit.ipbpress@gmail.com

www.ipbpress.com

ISBN: 978-602-440-787-2

Dicetak oleh Percetakan IPB, Bogor - Indonesia

Isi di Luar Tanggung Jawab Percetakan

© 2019, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku
tanpa izin tertulis dari penerbit

*Untuk Ayahanda Almarhum.
dan Ibunda Almarhumah.*

Mewariskan Institusi yang kuat kepada generasi yang akan datang.

(Riyanto, w. 2015)

Menjadi Universitas Berstandar Internasional.

(Rachmad Hernadi, w. 2017)

Menebar Dharma di Bumi Khatulistiwa.

(Nanang Rujiono, w. 2017)



Kata Pengantar

Aku berlindung kepada Allah dari godaan syaitan laknatullah
Dengan nama Allah yang Maha Pengasih dan Penyayang
Segala Puji bagi Allah Subhanahu wa Ta'ala,
Tuhan Semesta Alam
Shâlawat serta salam kepada Nabiullah Muhammad
Shâllallahu 'alaihi Wasallam, keluarga, dan pengikut beliau.

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Ini adalah buku kumpulan publikasi kami tahun 2006 s.d. 2017 yang sempat terangkut dan dituliskan kembali sebagai media pertukaran informasi, kewajiban diseminasi, dan waqaf ilmu utamanya untuk keluarga, kolega, dan murid-muridku.

Di dalam kumpulan publikasi terpilih tahun 2006 s.d. 2017 terdapat 22 artikel dari sekitar 40 publikasi yang telah dihasilkan baik berupa jurnal internasional, jurnal nasional terakreditasi, majalah, tulisan populer, maupun bacaan ringan tentang pangan. Secara garis besar, bidang kajian penulis adalah Pangan Fungsional Berkhasiat Antioksidan dan Pengolahan Pasca Panennya. Produk-produk yang pernah diteliti diantaranya kakao, mandai cempedak, minyak sawit merah, kulit bengalun, kopi luwak, dan beberapa tanaman herbal khas Indonesia. Dilihat dari aspek teknologi pangan, buku Puspa Ragam Teknologi Pertanian memuat teknologi pengolahan, analisis kimia, organoleptik, toksisitas, mikrobiologi, dan keamanan pangan dari produk-produk yang telah kami teliti maupun opini dan saran terhadap produk-produk populer dan gambaran pangan secara keseluruhan di Indonesia.

Ucapan terima kasih kepada rekan-rekan kolega dan mahasiswa yang telah bersama-sama menulis bab demi bab, publikasi demi publikasi, artikel demi artikel yang pada akhirnya terangkum di dalam buku ini. Ucapan yang sama juga kami sampaikan kepada keluarga kecilku (Fitria, Fathimah, Fiqra, dan Fudail), Rektor Universitas Mulawarman, Dekan Fakultas Pertanian, Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, keluarga, dan sahabat-sahabat kami yang mendukung penulisan buku ini, juga kepada semua pihak yang telah berperan dalam penulisan buku ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Buku ini merupakan edisi pra-cetak yang masih terus disempurnakan untuk diterbitkan di akhir tahun 2018. Masih banyak kekurangan yang terdapat dalam buku ini, semoga dapat dimaklumi adanya.

Akhirul kalam, semoga karya kecil ini memberikan sumbangsih pengetahuan dan menjadi amal jariyah yang mengalir bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Samarinda, 08 Februari 2018.

Editor,

Anton Rahmadi



Daftar isi

Kata Pengantar	vii
Daftar isi.....	ix
Mengatasi Produk Akhir Glikasi Protein: Mencari, Memanfaatkan dan Melestarikan Obat-obatan Asal Hutan Tropis yang Meyembuhkan Penyakit Degeneratif.....	1
Pendahuluan	2
Produk Glikasi Protein.....	2
Sumber-sumber PAGP	4
Signifikansi PAGP dalam Kesehatan.....	6
Mengalahkan PAGP: farmakognosi obat-obatan herbal.....	8
Menjaga hutan kita: Pemanfaatan obat-obatan herbal	14
Komersialisasi: Memulai industri herbal.....	19
Kesimpulan.....	22
Pustaka	22
Industri Ekstraksi Herbal, Masa Depan Kaltim.....	33
Pendahuluan	34
Empat alasan pengembangan industri herbal.....	35
Memulai industri herbal.....	36
Ekstraksi Fluida Superkritis CO₂ pada Komponen Antioksidan Karotenoid	39
Pendahuluan	40
Keunggulan Teknologi	40
Penerapan Teknologi.....	42

Penutup	44
Pustaka	45
Meningkatkan kualitas Pangan Lokal Kalimantan Hasil Fermentasi BAL	47
Pendahuluan	48
Pangan Lokal Kalimantan Hasil Fermentasi BAL	49
Fermentasi Induktif dengan Kultur Pemula.....	51
Upaya-upaya peningkatan kualitas fermentasi pangan lokal	54
Kesimpulan.....	55
Daftar Pustaka	55
Panjang Umur dengan Produk Fermentasi	59
Pendahuluan	60
Cokelat	61
Susu fermentasi	61
Tempe.....	62
Fermented VCO	63
Isolasi Jamur Potensial Penghasil Mikotoksin Pada Produk Fermentasi Biji Kakao Kering asal Indonesia	65
Pendahuluan	66
Inokulasi langsung tanpa disinfeksi permukaan.....	68
Inokulasi langsung dengan disinfeksi permukaan	68
Frekuensi isolasi kamir	69
Populasi jamur	70
Kesimpulan.....	73
Ucapan terima kasih.....	73
Pustaka	74

Tinjauan Keamanan Komoditas Kakao	79
Pendahuluan	80
Keamanan fisik	80
Keamanan kimia	81
Keamanan mikrobiologi.....	81
GFP untuk kakao kualitas prima.....	82
Penetapan proses pertanian yang diamati	85
Penetapan tindakan korektif.....	86
Trend keamanan terbaru: AGE	87
Penutup	88
Referensi	88
Karakteristik unik lemak coklat.....	91
Pendahuluan	92
Cara produksi lemak coklat	92
Lemak coklat ekivalen	93
Karakteristik fisik dan kimiawi.....	93
Komposisi asam lemak.....	94
Karakteristik kristalisasi.....	95
Aplikasi industri lemak coklat.....	97
Referensi	97
Profil Perubahan Populasi BAL, pH, Kadar Flavonoid, dan Potensi Aktivitas Antioksidan pada Fermentasi Mandai Cempedak Higienis Tanpa Garam	101
Pendahuluan	102
Proses Pengolahan Mandai Cempedak Tanpa Garam	102
Kesimpulan.....	107
Ucapan Terima Kasih	108
Daftar Pustaka	108

Karakteristik Fisikokimia dan Antibakteri Virgin Coconut Oil Hasil Fermentasi Bakteri Asam Laktat	111
Pendahuluan	112
VCO dari BAL.....	113
Kesimpulan.....	118
Ucapan Terima Kasih	119
Daftar Pustaka	119
Desain Produk Suplemen Labu dan Minyak Sawit Merah untuk Pencegahan Kekurangan Vitamin A	127
Pendahuluan	128
Vitamin A.....	129
Karotenoid sebagai pro-vitamin A.....	129
Sintesis karoten pada tumbuhan.....	130
Sumber Vitamin A.....	131
Intervensi Vitamin A	135
Dosis Vitamin A	137
Desain Produk Suplemen Pro-Vitamin A.....	138
Analisis Biaya Produksi Sederhana.....	144
Perhitungan Dosis.....	145
Penutup	145
Daftar Pustaka	146
Penerimaan Panelis dan Sifat Kimiawi Emulsi Labu Kuning dan Fraksi Olein Sawit	157
Pendahuluan	158
Hasil Penelitian	159
Kesimpulan.....	171
Ucapan Terima Kasih	171

Daftar Pustaka	172
Studi Pemberian Vitamata terhadap Kadar Glukosa, Kolesterol Total, dan Asam Urat Darah pada Subjek Penelitian.....	181
Pendahuluan	182
Karakteristik Subjek Penelitian.....	184
Glukosa Darah.....	185
Kolesterol Total Darah	187
Asam Urat Darah	189
Kesimpulan.....	190
Ucapan Terima Kasih	191
Daftar Pustaka	191
Uji Toksisitas Vitamata Prototipe II Metode <i>Brine Shrimp Lethality Test Artemia Salina</i> Leach.	197
Pendahuluan	198
FO-MSM (Fraksi Olein Minyak Sawit Merah)	201
Pembuatan emulsi.....	201
Kadar β -karoten Fraksi Olein Minyak Sawit Merah	202
Uji toksisitas Metode BSLT	203
Kesimpulan.....	204
Ucapan Terima kasih.....	204
Daftar Pustaka	205
Kajian Penerapan HACCP, GMP dan Aspek Kesiapan Penerapan SNI Seri 9000 pada UKM Cake Salak Kilo Balikpapan	207
Pendahuluan	208

Identifikasi Permasalahan	210
Kesimpulan dan Saran	215
Ucapan Terima Kasih	216
Daftar Pustaka	216
Polemik Nata de Coco Berbahan Baku Pupuk Urea	217
Risiko <i>nata</i> berbahan baku pupuk	220
Langkah perbaikan.....	223
Referensi	225
Enterobacter sakazakii	227
Apa sebenarnya <i>Enterobacter sakazakii</i> ?.....	228
Ekologi <i>E. sakazakii</i>	229
Permasalahan pada produk susu formula.....	229
Yang perlu diperhatikan oleh masyarakat	231
Proksimat, Fenolik, Antioksidan, dan Antibakteri	
Kulit Buah <i>Lepisanthes Alata</i>.....	233
Pendahuluan	234
Proksimat bagian buah bengalun.....	236
Vitamin C kulit buah bengalun.....	236
Antosianin dan polifenol kulit buah bengalun.....	237
Antioksidan kulit buah bengalun	239
Kapasitas antibakteri kulit buah bengalun	240
Kesimpulan.....	240
Ucapan Terima Kasih	241
Daftar Pustaka	241

Kopi Luwak Mereduksi Marker Stress Oksidatif dan Pro-Inflamasi Pada Sel Makrofag Tikus	251
Impor: Solusi ketahanan pangan nasional?	255
Indonesia at Crossroads: Addressing Food Security	261
Pertanian Energi: Solusi Ekonomi Pasca Tambang	267
Tentang Penulis.....	273

Mengatasi Produk Akhir Glikasi Protein: Mencari, Memanfaatkan dan Melestarikan Obat-obatan Asal Hutan Tropis yang Meyembuhkan Penyakit Degeneratif

Anton Rahmadi¹⁾ Muhammad Zahid²⁾

¹⁾ Dosen di Universitas Mulawarman dan Peneliti di University of Western Sydney, Australia. Alamat korespondensi: arahmadi@unmul.ac.id

²⁾ Penguji di Balai Besar Pengujian Mutu dan Sertifikasi Obat Hewan dan Peneliti di University of New South Wales, Australia.

Dipublikasikan di Prosiding SEANAFE tahun 2010

Pendahuluan

Produk Akhir Glikasi Protein (PAGP) muncul sebagai suatu disiplin penelitian yang relatif baru, memberikan pandangan baru dalam peranannya menginduksi penyakit degeneratif diantaranya penuaan, diabetes, gagal ginjal, dan Alzheimer. Kelompok zat kimia ini secara alami diproduksi di dalam sel atau juga dapat diperoleh dari makanan. Kajian terhadap PAGP di Indonesia masih belum mendapat perhatian khusus. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk memberikan cakrawala baru tentang pentingnya PAGP dalam kesehatan kita. Di sisi lain, hutan hujan Indonesia adalah rumah bagi ekstrak tumbuhan potensial yang dapat menyembuhkan atau mengurangi gejala penyakit akibat PAGP. Artikel ini juga akan memberikan informasi tentang zat-zat yang berpotensi mencegah dan mengobati penyakit akibat PAGP, dimana zat-zat tersebut didapat dari ekstrak tumbuh-tumbuhan hutan hujan tropis Indonesia. Efikasi terhadap PAGP-akibat penyakit telah diamati dari tanaman hutan, yaitu jamur (*Ganoderma spp.*), daun teh (*Camellia sinensis* dan *Ilex paraguariensis*), daun jambu biji merah (*Psidium guava*), batang benalu teh (*Loranthus parasiticus*), dan sambiloto (*Andrographis paniculata*). Gagasan memanfaatkan dan melestarikan PAGP tanaman obat terdiri dari empat konsep utama (1) penelitian etno-botani dan farmakognosi; (2) pengembangan ekstraksi dan metode, (3) komersialisasi dan perlindungan sumber daya alam; serta (4) budidaya dan konservasi obat berbasis hutan. Jargon Indonesia sebagai rumah bagi flora dunia juga harus diikuti oleh implementasi pemanfaatan obat berbasis hutan dan konservasinya dengan mekanisme yang saling menguntungkan antara masyarakat, ekonomi, dan hutan.

Produk Glikasi Protein

Adalah Monnier dan Cerami (1981) yang mengintroduksiikan peranan Produk Akhir Glikasi Protein (*advanced glycation end-products*, PAGP) sebagai salah satu komponen penyebab stress oksidatif di dalam sel. Pengetahuan

tersebut semakin berkembang akhir-akhir ini, utamanya berkaitan dengan peranan PAGP dalam penyakit-penyakit degeneratif seperti diabetes, Alzheimer dan penuaan (Jerums dkk. 2003; Gasser and Forbes 2008).

Produk akhir glikasi protein merupakan sebuah kelompok produk dengan keragaman senyawa yang luas dan tidak memiliki ciri khusus melainkan semuanya merupakan turunan dari glikasi protein dan aduksi gula. Glikasi (dan glikolisasi) merupakan reaksi non-enzimatis yang melalui siklus basa-Schiff dan penyusunan ulang gugus hidroksil (*Amadori re-arrangements*) yang produk akhirnya dapat mengaduksi (*adduct*) protein, asam amino ataupun fragmen-fragmen peptida (Bao dkk. 2009). Aldehid atau gugus-keto dari gula pereduksi dapat mengaduksi gugus α -amino groups dari N-terminal atau E-amino amina seperti pada lisin (*Lys*), arginin (*Arg*), sistein (*Cys*) dan histidin (*His*). Ikatan silang (*crosslinking*) dari protein-PAGP dengan dipeptida lain yang memiliki sisi bebas dalam gugus N-terminal-nya dapat terjadi utamanya pada asam amino arginin dan triptofan (*Trp*) (Bidasee dkk. 2004). Secara lebih lengkap, mekanisme pembentukan PAGP di dalam tubuh dan berbagai komponen kimiawi yang terbentuk dari reaksi glikasi protein dapat dilihat dalam beberapa review (Reddy dkk. 2002; Schmitt dkk. 2005).

Dalam konteks yang lebih luas, aduksi dan ikatan silang protein-PAGP dapat diinduksi oleh metabolit glukosa yang bersifat aktif, seperti metilglioksal (MGO), glioksal, dan 3-deoksiglukosona (Brownlee 1995; Thorpe and Baynes 1996; Johansen dkk. 2006) Diantara berbagai jenis gula sederhana, glukosa termasuk yang kurang reaktif dalam membentuk aduksi dan ikatan silang protein-PAGP. Asumsi ini terbentuk sebagai bagian dari proses evolusi biologis, dimana glukosa merupakan sumber energi utama untuk dimanfaatkan oleh tubuh yang tentunya harus bersifat kurang reaktif bila dibandingkan dengan heksosa, triosa hingga senyawa dikarbonil lainnya (Iwata dkk. 2004).

Dikarenakan stabilitasnya, PAGP dan ikatan silang protein-PAGP dapat menimbulkan resistansi protease terhadap peptida dan protein yang terlibat.

Akibatnya, keseimbangan protein di dalam tubuh berubah, dan tentunya dapat pula menyebabkan amiloidosis. Proses glikasi protein telah diketahui bersifat kompleks, terdiri dari banyak reaksi oksidasi, dehidrasi, termasuk didalamnya pembentukan radikal bebas intermediet. PAGP berkarakteristik warna kuning kecoklatan dan memiliki kemampuan memancarkan cahaya (berfluoresensi) dikarenakan adanya pembentukan gugus nitrogen and oksigen heterosiklik (Srikanth dkk. 2009).

Sumber-sumber PAGP

Di dalam tubuh

Intraseluler, PAGP diketahui diproduksi di dalam komponen limposit darah, hemoglobin, mitokondria, dan nukleus. (Poggioli dkk. 2004; Johansen dkk. 2006; Bao dkk. 2009). Glikasi protein dapat pula terjadi pada gugus aktif dan kritis dari enzim dan protein yang menyebabkan inaktivasi kemampuan enzim tersebut (Wautier and Schmidt 2004).

Glikasi ekstraseluler umumnya terjadi pada kompleks-protein yang memiliki paruh-waktu biologis yang cukup lama seperti kolagen dan plak protein β -amiloid (Paul and Bailey

1996; Zhao dkk. 1996) . Peningkatan PAGP ekstraseluler, utamanya dengan protein β -amiloid, ditemukan dalam berbagai area kortikal otak. PAGP β -amiloid umumnya bersifat monomer, dan hingga saat ini, oligomer yang terbentuk sebagai Ta PAGP dan β -amiloid belum dapat dibuktikan. Sekalipun demikian, di dalam penyakit seperti Alzheimer's, nukleasi yang bergantung terhadap polimerisasi PAGP β -amiloid diketahui meningkat seiring dengan peningkatan ikatan silang antara PAGP dan β -amiloid (Loske dkk. 2000).

Makanan

Selain terbentuk di dalam tubuh, PAGP juga diperoleh dari makanan. Dalam ilmu pangan, terminologi proses glikasi protein lebih dikenali dengan istilah pencoklatan, dimana pembentukan PAGP terjadi melalui reaksi Maillard yang identik dengan glikasi protein non-enzimatis dengan bantuan panas (Glenn and Stitt 2009). Proses glikasi protein sebenarnya merupakan proses yang dikehendaki, karena pembentukan aroma, warna, dan perubahan tekstur bahan pangan terjadi melalui peristiwa ini (Ulrich and Cerami 2001; Henle 2005). Pembentukan PAGP terjadi secara proposional terhadap waktu dan suhu pemasakan. Pengeringan dengan udara panas meningkatkan konsentrasi PAGP hingga 10-100 kali lebih banyak dibandingkan produk asalnya (Uribarri dkk. 2010). Produk kaya protein, susu *ultra high temperature* (UHT) dan susu kental, dapat mengandung hingga 150mg/kg pirlalin,

sebagai akibat pembentukan PAGP dari asam amino lisin (Henle 2003).

Pencoklatan enzimatis dan non enzimatis yang berlebihan dalam produk pangan telah diketahui dapat merusak kualitas fungsional produk pangan, menurunkan konsentrasi asam amino esensial dan ketercernaan produk pangan. Strategi untuk mengambat pencoklatan dalam proses pengolahan pangan dapat dilakukan dengan penambahan amina hetero siklik, polifenol, pengkelat logam dan antioksidan yang berfungsi sebagai reduktor dari radikal bebas (Friedman 1996). Teknik lain yang dapat diterapkan untuk mengurangi pembentukan PAGP dalam proses pemasakan adalah dengan melakukan asidifikasi makanan, menurunkan waktu kontak dengan pemanas, menggunakan pengering uap dan memasak pada suhu rendah (Uribarri dkk. 2010).

Signifikansi PAGP dalam Kesehatan

Penuaan

Ikatan silang yang dimediasi oleh PAGP pada gugus-gugus protein yang memiliki paruh-waktu cukup lama akan memiliki pengaruh pada penurunan vitalitas tubuh atau penuaan. Proses ini tidak hanya dapat diamati dalam aktivitas fisik seseorang, tetapi juga pada tingkat fungsi seluler dan jaringan tubuh. Vesikula sel syaraf tampak memiliki deposit PAGP yang terakumulasi seiring dengan meningkatnya usia, utamanya mulai dapat terlihat pada usia 50 tahun (Takedo dkk. 1996; Riederer and Hoyer 2006). Ini membuktikan bahwa PAGP memiliki peranan penting di dalam evolusi kompli-

kasi penyakit yang berkaitan dengan vesikula sel, khususnya pada gejala penuaan, diabetes dan kerusakan ginjal (Jerums dkk. 2003). Dinding vaskuler sel juga mengandung deposit PAGP, lipoprotein dan komponen-komponen lipida lainnya yang mengarah kepada geja makro angiopati, mikro angiopati dan amiloidosis. Secara khusus, penyakit-penyakit seperti aterosklerosis, katarak dan beberapa gejala diabetes nefropati, retinopati dan neuropati juga dikaitkan dengan peningkatan deposit PAGP (Gasser and Forbes 2008)

Diabetes dan Disfungsi Ginjal

Produksi PAGP diketahui meningkat dalam kondisi hiperglisemik, misalnya pada penderita diabetes dan penderita disfungsi ginjal (Wolff dkk. 1991). Toksisitas dari PAGP pada penderita diabetes dapat disebabkan oleh: a) interaksi dengan reseptor PAGP; b) deposisi jaringan

tubuh, dan c) glikasi in-situ (Darroux dkk. 2009). Usaha hemodialisis tidak dapat mengurangi kadar PAGP dikarenakan kolom dialisa tidak dapat mengikat gugus-gugus peptida yang tereduksi dan terikat silang dengan gula (Gerdemann dkk. 2000). Faktor-faktor yang me-

nambah kompleksitas pendeteksi-an dan pengikatan PAGP adalah kombinasi jenis gula C-3 dan C-2 (trikarbonil, dikarbonil) dan fragmenasi peptida. Oksidasi askorbat, senyawa metal transisi, dan stress oksidatif boleh jadi turut berkontribusi dalam pembentukan PAGP di dalam jaringan-jaringan tubuh (Miyata dkk. 1997).

Jalur-jalur pembentukan PAGP dalam penyakit seperti diabetes neuropati dapat dirangkum dalam empat kelompok: a) deposit intraseluar PAGP meningkat sebagai akibat peningkatan konsentrasi senyawa reaktif karbonil seperti metilglioksal yang merupakan imbas dari terhambatnya respirasi mitokondria dan terganggunya metabolisme energi atau glukosa; b) peningkatan konsentrasi logam transisi tidak terke-

lat (*unchelated transition metals*) seperti tembaga (Cu) dan besi (Fe) yang melepaskan diri dari ikatan β -amiloid sehingga mempercepat oksidasi dari glikasi protein dan juga meningkatkan konsentrasi produk reaktif hasil glikosilasi; c) habis terpakainya senyawa anti-glikasi semisal dipeptida histidin, karnosin, dan anserin; dan d) rusaknya mekanisme pembuangan β -amiloid yang berakibat meningkatnya waktu-paruh protein ini di dalam tubuh, dengan konsekuensi pembentukan PAGP semakin mudah terjadi. Dalam penyakit diabetes, semakin tinggi konsentrasi PAGP dalam monosit darah, kemungkinan koagulasi darah akan semakin besar, begitu juga dengan kenaikan konsentrasi sitokin pro-inflamasi seperti TNF- α (Bogdanov and Østerud 2009)

Penyakit Alzheimer

Plak β -amiloid dan *neuro fibrillary tangles* (NFT) telah disepakati sebagai dua indikator utama dari penyakit alzheimer. Jaringan syaraf otak akan sangat terganggu dengan adanya deposit plak β -amiloid dan NFT (Mi and Johnson 2006; Pas-

torino dkk. 2006; Roberson dkk. 2007). Secara imunohistokimia dengan bantuan antibodi yang spesifik, kolokalisasi PAGP berhasil ditemukan di dalam NFT. Dalam kasus ini, tau-protein yang mengalami hiperfosforilasi dapat bereaksi dengan

gula untuk kemudian membentuk filamen heliks berpasangan (*paired helixal filaments*, PHF) yang bersifat racun bagi tubuh (Yan dkk. 1994).

Deposit PAGP ekstraseluler, dalam wujud karboksi metil lisin dan pentosidin, berkolokalisasi dengan protein fibrilar (*glial fibrillary acidic protein*) dari astroglia (Horie dkk. 1997; Srikanth dkk. 2009). Dalam keadaan normal dan pada penderita gejala awal Alzheimer, hanya terdapat sedikit kolokalisasi antara PAGP dengan enzim sintesis oksida

nitrit (iNOS), bila dibandingkan dengan kontrol yang berusia lebih muda (<50 tahun). Pada stadium akhir penyakit Alzheimer, akumulasi dari kolokalisasi astroglia dengan PAGP dan iNOS semakin terlihat nyata dan menyebar, utamanya pada syaraf-syaraf perikarial atas. Selanjutnya, difusi PAGP ke dalam sel syaraf dapat terjadi dengan konsentrasi yang semakin tinggi begitu pula ikatan antara PAGP dengan sel imun otak, mikroglia (Wong dkk. 2001).

Mengalahkan PAGP: farmakognosi obat-obatan herbal

Mekanisme pencegahan dan pengobatan komplikasi penyakit degeneratif yang ditimbulkan oleh PAGP terdiri dari: a) merombak dan memerangkap struktur PAGP; b) menjaga ketersediaan antioksidan dan vitamin di dalam tubuh utamanya tiamin (vitamin B1), piridoksal-5-fosfat (koenzim vitamin B6), β -alanin (vitamin B5), dan karnosin; c) mengurangi pembentukan PAGP di dalam tubuh dengan bantuan asam kafeat dan klorogenik dari ekstrak tumbuh-tumbuhan; dan d) mencegah inflamasi yang ditimbulkan oleh PAGP (Monnier 2003).

Merombak dan memerangkap struktur PAGP

Terdapat bahan-bahan kimia yang mampu merombak struktur PAGP sehingga menjadi kurang berbahaya. Senyawa-senyawa kimia ini dianta-

ranya aminoguanidin dan 4,5-dimetil-3-fenaciltiazolium klorida (DP-TC) (Ulrich and Cerami 2001), dan fenaciltiazolium bromida (PTB) (Monnier 2003). Akan tetapi, aminoguanidin ternyata bersifat toksik terhadap tubuh dalam konsentrasi yang tinggi, sehingga tidak dapat digunakan sebagai alternatif terapi (Peyroux and Sternberg 2006). Cara kerja senyawa-senyawa kimia ini adalah merusak struktur alfa-dikarbonil pada ikatan silang PAGP. Senyawa kimia lain seperti piridoksiamina mampu berperan sebagai penjebak PAGP, memerangkapnya dan membuat PAGP menjadi tidak aktif dalam membentuk ikatan-ikatan silang (Monnier 2003). Kemampuan merusak struktur ikatan silang PAGP juga didapatkan dari obat-obatan herbal.

Secara tradisional, buah jambu biji (*Psidium guava*) dikenal sebagai penurun kadar gula darah (hipoglisemik) yang secara umum dapat diasosiasikan dengan penurunan potensi glikasi protein di dalam darah (Chen and Yen 2007; Gutiérrez dkk. 2008). Daun jambu dapat secara aktif merusak struktur alfa-dikarbonil PAGP hingga 80% dibandingkan dengan kontrol (Hsieh dkk. 2007). Akan tetapi, pengolahan buah dan daun jambu harus mendapat perhatian, sehingga kandungan antioksidan yang berperan dalam merusak struktur alfa-dikarbonil tidak rusak. Tingkat ketuaan daun, perlakuan awal pasca pemetikan, pengeringan, dan metode ekstraksi menentukan perubahan konsentrasi dan konformasi struktur kimia senyawa aktif pada produk herbal secara umum (Nantitanon dkk. 2010).

Menjaga ketersediaan antioksidan dan vitamin

Penggunaan aldol-reduktase pada penderita diabetes dapat mencegah pembentukan 3-deoksiglukoson dari fruktosa yang berperan sebagai induktor proses glikasi (Monnier 2003). Vitamin C dan kelompok

vitamin B (tiamin, piridoksal-5-fosfat, β -alanin) dan karnosin dipercaya dapat mencegah proses PAGP. Karnosin, β -alanin, dan L-histidin merupakan senyawa asam amino bermanfaat mencegah glikasi yang

bertanggung jawab dalam proses penuaan. Karnosin berfungsi sebagai pengkelat logam (*metal chelator*) yang dapat mencegah ikatan kompleks ion logam bervalensi dua yang berperan mempercepat oksidasi dan meningkatkan konsentrasi produk reaktif hasil glikosilasi. Penghambatan PAGP dengan menggunakan vitamin dan nutrisi menunjukkan bahwa vitamin C dapat mengurangi hingga 50% glikasi protein serum

yang berdampak baik terhadap pencegahan komplikasi diabetes akibat reaksi glikasi (Riviere dkk. 2010). Kelompok vitamin B lain seperti derivat vitamin B₁ (tiamin pirofosfat) dan vitamin B₆ (piridoksamin) juga memiliki manfaat mencegah PAGP dengan menghambat reaksi glikasi yang mengurangi kadar gula darah yang berpotensi terhadap diabetes melitus.

Mengurangi pembentukan PAGP

Penambahan amina heterosiklik, antioksidan (polifenol), dan pengkelat logam terbukti dapat menurunkan derajat pembentukan PAGP pada saat pemasakan makanan (Friedman 1996). Peranan dedaunan yang berasal dari tanaman hutan berpengaruh besar dalam menyediakan senyawa-senyawa yang berpotensi sebagai reduktor radikal bebas. Mekanisme penghambatan radikal bebas akan dibahas dibagian lain dari tulisan ini.

Daun teh (*Camellia sinensis* and *Ilex paraguariensis*) telah berhasil dibuktikan memiliki kandungan senyawa anti-glikasi yang umumnya berasal

dari komponen aktif flavonoid. Mekanisme aktif daun teh dalam menghambat pembentukan PAGP adalah memblokir terjadinya glikasi protein yang diinduksi oleh glukosa dalam darah. Tingginya kandungan flavonoid tidak menentukan dosis penghambatan PAGP, namun lebih dikarenakan kecocokan konformasi struktur kimia dari flavonoid tersebut. Dalam hal ini, dua produk teh yang paling menghambat PAGP adalah teh hijau (*Camellia sinensis*) dan teh *chimarrao* atau *mate* (*Ilex paraguariensis*) asal Amerika Latin (Lunceford and Gugliucci 2005; Ho dkk. 2010).

Penelitian lanjutan dari daun jambu membuktikan kemampuan penghambatan glikasi *low density lipoprotein* (LDL) yang diinduksi oleh glukosa dan MGO (Hsieh dkk. 2005). Komponen aktif yang berhasil diekstrak dari jambu dan berperan ter-

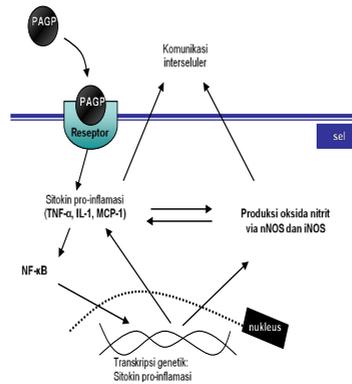
hadap penghambatan PAGP adalah asam gallat, katekin, dan kuersetin. Dalam hal ini, kuersetin memiliki kemampuan penghambatan tertinggi (95%) pada konsentrasi 100 μ g/mL (Wu dkk. 2009).

Mencegah inflamasi akibat PAGP

Sekalipun banyak akibat yang ditimbulkan dengan terakumulasinya PAGP di dalam tubuh, satu karakteristik umum penyakit degeneratif adalah timbulnya inflamasi atau pembengkakan lokal (Block and Hong 2005; Sastre dkk. 2006). Inflamasi terjadi sebagai upaya pembersihan sel-sel rusak dan sekitarnya oleh sistem imun. Namun, bagi penderita Alzheimer, diabetes, dan penuaan, proses inflamasi terjadi terus menerus sehingga tubuh tidak sanggup meregenerasi sel-sel pengganti dalam jumlah cukup. Di dalam otak, sel syaraf tidak mengalami proses regenerasi, sehingga inflamasi pada sel otak akan mengurangi jumlah sel syaraf fungsional (Sastre dkk. 2006; Heneka and O'Banion 2007).

Jalur-jalur penyebab inflamasi bersifat sangat kompleks karena melibatkan protein, sitokin, kemokin, en-

zim, lipida, and antibodi (Heneka and O'Banion 2007). Pada umumnya, sel imun (makrofag dan mikroglia) meregulasi pembentukan sitokin pro-inflamasi seperti interleukin-1 β (IL-1 β), interleukin-6 (IL-6), dan *tumour necrosis factor*-alfa (TNF- α). Begitu pula dengan produksi radikal bebas seperti superoksida dan senyawa penting pembawa pesan interselular seperti oksida nitrit juga diregulasi oleh sel-sel imun (Kjær dkk. 2009). Terdapat beberapa skenario pengobatan untuk mencegah inflamasi yang berlebihan sebagai akibat PAGP (lihat Gambar 1), diantaranya: a) mereduksi radikal bebas; b) menurunkan produksi sitokin pro-inflamasi; dan c) mereduksi transkripsi genetik dari sitokin pro-inflamasi dan oksida nitrit sebagai akibat aktivasi *nuclear factor*-kappa-B (NF- κ B).



Gambar 1. Peningkatan produksi sitokin proinflamasi dan oksida nitrit sebagai akibat dari induksi AGE.

PAGP yang sesuai akan diikat oleh reseptor (RPAGP) yang menginduksi produksi sitokin. Kadar sitokin pro-inflamasi dan produksi oksida nitrit akan meningkat dengan mekanisme induksi ataupun melalui jalur transkripsi genetik yang dipengaruhi oleh aktivasi NF-κB.

sida nitrit akan meningkat dengan mekanisme induksi ataupun melalui jalur transkripsi genetik yang dipengaruhi oleh aktivasi NF-κB.

Mereduksi pembentukan radikal bebas

Penyebab inflamasi yang paling utama adalah stress oksidatif yang disebabkan oleh faktor genetik, lingkungan, gaya hidup, pengobatan, infeksi dan penuaan (Matsuda dkk. 2007; Farooqui and Farooqui 2009). Stress oksidatif di dalam sel dapat terjadi dalam banyak jalur, melibatkan induksi PAGP pada sel-sel imun (mikroglia dan astoglia), disfungsi mitokondria, kenaikan gliserol-fosfolipida, dan aktivasi enzim NADPH oksidase (Farooqui

and Farooqui 2009).

Pembentukan radikal bebas dan PAGP bersifat resiprokal, dimana adanya salah satu kelompok senyawa tersebut akan mengakibatkan kenaikan senyawa yang lain. Kenaikan metilglioksal, yang menjadi salah satu penyebab PAGP, merupakan konsekuensi dari terhambatnya jalur *downstream* glukosa, triose phosphates akibat tingginya radikal bebas. Dalam hal ini siklus asam sitrat dan

oksidasi-reduksi pada proses glikolisis akan terganggu. Triosa fosfat secara spontan terdegradasi menjadi metilgliksal melalui penghambatan enzim gliseraldehid-3-fosfat dehidrogenase (GAPDH) (Phillips and Thornalley 1993; Du dkk. 2003).

Loranthus parasiticus yang merupa-

kan tanaman obat yang mengandung total fenolat paling banyak, mencapai 29.67 mg GAE/g, diantara 50 tanaman obat yang diteliti (Gan dkk. 2010). Komponen aktif fenoliknya memiliki aktifitas mengurangi oksidasi dan mengikat radikal bebas selain dapat menghambat proses peradangan.

Mereduksi- sitokin pro-inflamasi

Diantara semua sitokin pro-inflamasi, interleukin 1-beta (IL-1b), interleukin 6 (IL-6) and *tumor necrosis factor- α* (TNF- α) merupakan penanda (*marker*) utama dalam berbagai kasus inflamasi, utamanya di bagian otak (Heneka and O'Banion 2007) (Combs dkk. 2001). Peningkatan konsentrasi IL-1 β oleh sel imun yang teraktivasi PAGP telah berhasil dibuktikan secara medis dalam gejala penyakit dementia. Interleukin-6 terdeteksi di dalam cairan serebrospinal, dengan konsentrasi yang secara signifikan lebih tinggi

bila dibandingkan dengan kontrol (Kim and de Vellis 2005; Yasutake dkk. 2006). IL-6 secara khusus, dapat berdifusi membentuk plak yang kemudian berkembang sebagai penyebab penyakit Alzheimer (Huell dkk. 1995; Luterman dkk. 2000). *Andrographis paniculata* mampu menurunkan senyawa-senyawa pro-inflamasi dan kemotaksis, seperti sitokin dan oksida nitrat, melalui fosforilasi protein Akt dan inaktivasi jalur protein ERK (Tsai dkk. 2004; Sheeja dkk. 2006).

Mereduksi aktivasi NF- κ B

Nuclear factor kappa-B (NF- κ B) merupakan kelompok P- protein (didominasi oleh P50 dan P65) yang

memiliki arti penting dalam transkripsi genetik sistem pertahanan sel (O'Neill and Kaltschmidt 1997;

Matsuda dkk. 2007). Salah satu yang diregulasi oleh aktivasi NF- κ B adalah transkripsi sitokin pro-inflamasi. Sebelum diaktivasi, NF- κ B terikat oleh inhibitor- κ B (I κ B). Peningkatan influks ion kalsium (Ca^{2+}) merupakan induktor dari aktivasi NF- κ B (Furukawa and Mattson 1998). Radikal bebas dapat pula menjadi induktor sekunder aktivasi NF- κ B yang kadarnya dapat dipengaruhi oleh keberadaan PAGP. Dalam proses aktivasi NF- κ B, I κ B akan terfosforilasi dan NF- κ B dalam bentuk dimer akan dilepaskan dari sitoplasma ke nukelus (Meffert dkk. 2003; Salminen dkk. 2008).

Androgafolida sebagai komponen fenolik terbanyak dalam sambiloto

(*Andrographis paniculata*) mampu membentuk aduksi kovalen dengan Sistein tereduksi dari protein P60, yang memicu inaktivasi NF- κ B. Demikian sehingga aktivitas inflamasi pada sel endotelial akan berkurang (Xia dkk. 2004).

Ganoderma diketahui dapat mempengaruhi ekspresi *nuclear factor- κ B* (NF- κ B) dan apoptosis dari sel syaraf pada tikus. Gugus polisakarida dari *Ganoderma lucidum* (GL-PS) juga memiliki efek hipoglikemik terhadap penyakit diabetes melitus. GL-PS berkontribusi pada penghambatan senyawa aloksan yang menginduksi aktifitas NF- κ B dan melindungi kerusakan sel di pankreas.

Menjaga hutan kita: Pemanfaatan obat-obatan herbal

Menilik sejarah masa lampau, peradaban kuno telah memanfaatkan hutan sebagai sumber-sumber kehidupan, termasuk di dalamnya menjadikan hutan sebagai sumber tumbuhan obat untuk menyembuhkan dan meningkatkan vitalitas (Balick and Mendelsohn 1992). Tumbuhan, hewan, dan invertebrata yang berasal dari daerah tropis secara logis dapat menjadi sumber potensial obat-obatan, disebabkan kemampuan mereka dalam menghasilkan senyawa-senyawa kimia yang menunjang kemampuan untuk bertahan hidup akibat serangan serangga lain, jamur, virus dan bakteri. Dalam kenya-

taannya, diestimasikan sekitar 10% dari tanaman yang tumbuh di hutan tropis memiliki kemampuan defensif berbasis senyawa kimiawi (Newman 1994). Hutan tropis dikatakan memiliki sumber potensial obat-obatan yang hingga sekarang belum tuntas dikarakterisasi (Mendelsohn and Balick 1995; Di Stasi dkk. 2002) dan dirangkum dalam sebuah database yang lengkap (Hyland dkk. 2003).

Pemanfaatan komersil dari obat-obatan asal hutan dapat menjadi titik tolak konservasi hutan secara keseluruhan. Dalam konsep ini, hubungan mutual antara komunitas yang memanfaatkan hutan, ekonomi nasional, dan hutan itu sendiri dapat terjalin lebih baik.

Tabel 1. Rangkuman efikasi obat-obatan herbal terhadap penyakit-penyakit degeneratif yang disebabkan oleh PAGP.

Tanaman	Fungsi, cara kerja
<i>Camellia sinensis</i>	Menghambat produksi PAGP, Menurunkan radikal bebas
<i>Ilex paraguariensis</i>	Menghambat produksi PAGP, Merombak dan memerangkap gugus reaktif dari PAGP
<i>Psidium guava</i>	Menurunkan radikal bebas
<i>Loranthus parasiticus</i>	Menurunkan sitokin pro-inflamasi, mereduksi aktivasi NF- κ B
<i>Andrographis paniculata</i>	Mereduksi aktivasi NF- κ B, mengurangi senyawa aloksan pada gejala DM
<i>Ganoderma</i>	

Dalam upaya mencegah destruksi hutan sekaligus memerangi kemiskinan bagi masyarakat yang tinggal disekitar hutan, pendekatan peningkatan ekonomi masyarakat melalui kegiatan multidimensi perlu dilakukan (Oksanen dkk. 2003). Salah satunya dengan mempromosikan dan memanfaatkan hutan sebagai sumber obat-obatan yang dapat dikomersilkan oleh masyarakat setempat. Beberapa tanaman asal hutan tropis Indonesia yang telah terbukti memiliki efikasi dalam pencegahan dan pengobatan penyakit degeneratif akibat PAGP misalnya jamur ganoderma (*Ganoderma spp.*), daun-daunan teh (*Camellia sinensis* dan *Ilex paraguariensis*), jambu biji (*Psidium guava*),

benalu teh (*Loranthus parasiticus*), dan sambiloto (*Andrographis paniculata*). Selain itu, kelas tumbuhan beri-berian, yang umum ditemukan di hutan-hutan, juga menyimpan potensi yang sangat besar dalam mengatasi penyakit-penyakit degeneratif akibat PAGP (Seeram dkk. 2006).

Ide pemanfaatan obat-obatan herbal berbasis tumbuhan hutan dapat dirangkum dalam empat konsep: a) riset mengenai etnobotani dan farmakognosi; b) pengembangan metode dan teknik ekstraksi, c) komersialisasi dan perlindungan sumber daya hayati; dan d) kultivasi dan konservasi tanaman-tanaman potensial obat serta hutan secara keseluruhan (Gambar 2).



Gambar 2. Skematisasi pemanfaatan obat-obatan herbal berbasis hutan.

Riset akan potensi obat-obatan tumbuhan asal hutan dilakukan berbasis farmakognosi dari obat-obatan tradisional yang dikenal dalam studi etnobotani tumbuhan tersebut. Tahap selanjutnya adalah memilih beberapa tanaman potensial untuk diproduksi secara massal menjadi obat-obatan herbal. Komersialisasi obat-obatan herbal akan membawa dampak positif bagi masyarakat yang mengusahakannya, juga bagi ekonomi bangsa secara keseluruhan. Untuk mewujudkan hubungan yang saling menguntungkan dengan hutan sebagai sumber kehidupan masyarakat, kultivasi dan konservasi hutan dilakukan, sebagian diambil dari keuntungan dalam komersialisasi obat-obatan

berbasis hutan. Dalam siklus tertutup ini, semua elemen masyarakat: akademisi, pengusaha, pemerintah, dan rakyat diharapkan dapat bekerjasama.

Dari etnobotani: Revitalisasi riset obat-obatan herbal asal hutan

Dalam masyarakat Dayak Kalimantan misalnya, pengetahuan akan tanaman tradisional berkhasiat obat menjadi langka dan dirahasiakan dari generasi ke generasi. Penelitian sosial kemasyarakatan membukakan mata bahwa hanya dalam satu pergantian generasi, hampir 40% pengetahuan lokal tidak berhasil diteruskan (Chazdon 2003). Padahal, tidak ada lagi yang perlu dirahasiakan semenjak tahun 1931, saat misionaris Belanda Adela S. Baer dan A.H. Klokke melakukan eksplorasi, identifikasi dan kasiat tanaman obat asal tanah Dayak telah dipublikasikan (Baer 1931; Salilah and Klokke 1998). Pengetahuan dunia akan tanaman herbal Indonesia semakin lengkap, sementara dekadensi pengetahuan akan tanaman obat ini semakin tampak di masyarakat lokal.

Alasan lain terhadap pentingnya riset dan pendokumentasian obat-obatan lokal adalah berkenaan de-

ngan identitas masyarakat lokal yang ditentukan dari pengetahuannya akan lingkungan sekitarnya. Tanaman obat tradisional merupakan salah satu simbol harmonisasi manusia dengan lingkungannya (Denslow and Padoch 1988; Davis 2000). Riset dan pendokumentasian obat-obatan herbal asal hutan juga akan mengurangi dampak kepunahan spesies-spesies tanaman obat akibat pembukaan hutan sebagai tambang-tambang ataupun bencana ekologi seperti kebakaran hutan (Chazdon 2003). Berbasis hasil riset dan didukung dengan pengetahuan ekstraksi modern, masyarakat, dapat memproduksi secara modern berbagai produk herbal yang dapat dijustifikasi klaim-klaimnya setelah dianalisis di laboratorium yang terpercaya.

Riset dalam obat-obatan herbal harus memenuhi kriteria utama: a) bahan baku didapatkan dengan mudah atau dapat secara komersil disintesis menggunakan metode-metode yang

telah terbukti; b) kompon dapat secara efektif dicerna dan masuk ke dalam sistem aliran darah; (3) untuk mengatasi inflamasi di otak, kompon harus dapat secara efektif melewati *blood brain barrier*; (4) kompon secara klinis terbukti mengurangi

gejala tertentu; (4) kompon dapat meningkatkan usia hidup pasien dengan gejala penyakit akibat PAGP; dan (5) kompon tidak mengandung atau berpotensi memiliki efek samping (Maiorini dkk. 2002; Allain dkk. 2003).

Produksi: aspek pengembangan metode dan ekstraksi

Membuat simplisia (bagian tanaman yang dikeringkan) adalah cara yang sangat tradisional dalam industri herbal. Cara seperti ini tidak lagi ampuh untuk bersaing di dunia modern. Begitu pula dengan klaim

kehasiat berdasarkan informasi turun-temurun. Modernisasi industri herbal perlu dilakukan untuk mendapatkan dampak ekonomi positif yang lebih tinggi serta meningkatkan taraf hidup masyarakat.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam ekstraksi

Saat ini obat tradisional atau yang lebih dikenal dengan jamu oleh masyarakat Indonesia telah dikembangkan dalam bentuk sediaan yang mudah digunakan dan dipasarkan. Sebelum obat tradisional diproduksi dan dikemas dalam bentuk sediaan obat jadi, cara umum yang digunakan adalah ekstraksi untuk memperoleh senyawa aktif dari bahan alam. Ekstraksi dapat dilakukan dengan cara perebusan, penyeduhan, maserasi, perkolasi atau cara lain yang se-

suai dengan sifat bahan alam yang digunakan.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam proses ekstraksi antara lain adalah cara dan proses ekstraksi itu sendiri. Untuk senyawa aktif yang tidak stabil terhadap pemanasan pada suhu tinggi, cara ekstraksi yang paling tepat dan aman adalah maserasi atau dengan cara merendam simplisia dalam pelarut selama waktu tertentu. Faktor lain yang harus diperhatikan termasuk pelarut

ekstraksi yang digunakan. Cairan pengestraksi yang umum digunakan adalah air suling, campuran air dan etanol atau pelarut lain yang sesuai. Pelarut yang digunakan tidak boleh mempengaruhi kandungan zat aktif. Pengeringan ekstrak juga

harus diperhatikan dalam proses ekstraksi, dimana proses pengeringan ekstrak harus dilakukan dengan cara yang sesuai dengan sifat bahan alam agar dapat mempertahankan mutu zat aktif.

Metode produksi lain yang ditawarkan

Bentuk sediaan obat tradisional yang umumnya ditemui di masyarakat adalah dalam bentuk serbuk, cairan, kapsul maupun tablet. Bentuk sediaan obat jadi seperti ini memberikan keuntungan dan kemudahan terhadap pemakaiannya. Dosis akan lebih terkontrol dan terjamin karena disesuaikan dengan aturan pakai-

nya sehingga akan mengurangi efek samping yang tidak diinginkan karena kelebihan dosis. Disamping itu, sediaan seperti dalam bentuk kapsul atau tablet akan menutupi rasa tidak enak seperti pahit, sehingga dapat meningkatkan kepatuhan dan keinginan penggunaannya.

Komersialisasi: Memulai industri herbal

Industri herbal dimulai dengan mengkoleksi tanaman-tanaman obat setempat dalam sebuah kebun koleksi. Di lokasi tersebutlah, proses ekstraksi dan pemurnian parsial dilakukan. Masing-masing komponen berpotensi obat selanjutnya dianalisis untuk dikelom-

pok-kelompokkan berdasarkan kasiat utamanya. Saat ini, primadona pengobatan beralih ke anti glikasi, anti inflamasi, anti kanker, peningkatan vitalitas, penyerapan racun, dan antibiotik (termasuk mengobati anti virus).

Peranan masyarakat dalam melakukan self-promoting produk herbal

Beberapa dekade sebelumnya penggunaan produk herbal hanya didasarkan pada kepercayaan turun temurun terhadap kasiat yang dihasilkan. Saat ini banyak cara yang dilakukan untuk meningkatkan penggunaan dan mempromosikan produk herbal kepada masyarakat. Faktor tersebut meliputi peranan media, politik, tingkat ekonomi, tipe penyakit, pendidikan, geografi dan opini masyarakat itu sendiri. Ada pergeseran persepsi dan ketertarikan di masyarakat dalam pengobatan untuk lebih bersifat tradisional. Ini didasarkan bahwa penggunaan produk herbal jauh lebih aman atau kemungkinan

adanya pengalaman dalam ketidakberhasilan terapi dengan menggunakan obat, sehingga mereka menggunakan pendekatan konvensional dan mengganti kearah pengobatan tradisional. Peranan media juga sangat membantu dalam mempromosikan produk herbal yang berdampak kepada perubahan perilaku dan kesadaran masyarakat. Sebagai contoh di negara maju seperti Amerika dan Inggris, hampir sebanyak 48% dari pengguna internet mencari informasi mengenai pengobatan obat tradisional dan produk herbal di dunia maya (Ritchie 2007).

Peranan pemerintah dalam meregulasi, memverifikasi, dan melakukan promosi produk herbal

Pemerintah melalui Badan Pengawasan Obat dan Makanan (Badan POM) memiliki wewenang untuk mengatur produksi dan peredaran obat tradisional di masyarakat dengan menyusun pedoman cara pembuatan obat tradisional yang baik. Tujuan adalah untuk melindungi masyarakat terhadap hal-hal yang

merugikan kesehatan akibat mengkonsumsi obat tradisional yang tidak memenuhi syarat serta meningkatkan nilai tambah dan daya saing produk tradisional Indonesia secara global. Selain itu bagi para pelaku industri, ini memberikan manfaat untuk perkembangan industri di bidang obat tradisional.

Untuk melihat secara nyata penerapan cara pembuatan obat tradisional yang baik di industri, pemerintah melakukan pemantauan secara rutin dan sewaktu-waktu. Pemantauan ini dilakukan terhadap seluruh aspek yang menyangkut proses produksi obat mulai dari bahan awal, proses produksi, peralatan, ba-

ngunan hingga personalia. Disamping itu, pemerintah juga memiliki tugas untuk melakukan pengawasan mutu terhadap produk yang telah dipasarkan dan beredar dipasaran. Ini berfungsi untuk melindungi masyarakat dari penggunaan obat yang tidak memenuhi syarat dan obat palsu.

Aspek pembiayaan/permodalan

Kerja sama dapat dijalin dengan negara-negara maju sebagai partner yang setara. Kerjasama adalah unsur penting dalam menggapai standar dan pengakuan internasional secara cepat. Tentu saja, dalam kerja

sama harus didefinisikan masalah IP (*Intellectual Property*) atau kekayaan intelektual secara memadai. Demikian, sehingga tidak ada pihak yang tidak dirugikan dalam tahapan komersialisasi obat-obatan herbal ini.

Kultivasi dan Konservasi

Dalam upaya komersialisasi obat-obatan herbal sebagai pencegah dan pengobat penyakit PAGP, kebun koleksi tanaman herbal juga perlu mendapatkan perhatian dan pengembangan. Tidak hanya pemerintah, pihak-pihak yang berkepentingan terhadap produksi obat-obatan herbal sudah sewajarnya

untuk menyisihkan sebagian keuntungannya dalam upaya konservasi dan kultivasi tanaman herbal. Ini disebutkan sebagai salah satu kunci sukses dari pendekatan multidimensi dalam upaya pelestarian hutan yang merupakan sumber dari obat-obatan (Oksanen dkk. 2003).

Kesimpulan

Produk akhir glikasi protein baik yang terjadi intraseluler ataupun yang didapatkan dari makanan telah terbukti sebagai sumber penyakit penuaan, demensia, dan diabetes melitus. Tanaman herbal asal hutan tropis Indonesia memiliki potensi untuk dapat dijadikan sumber pengobatan penyakit akibat PAGP dengan mode aksi merombak dan memerangkap struktur PAGP, menjaga ketersediaan antioksidan dan vitamin di dalam tubuh, mengurangi pembentukan PAGP di dalam tubuh, dan mencegah inflamasi yang ditimbulkan oleh PAGP. Pemanfaatan obat-obatan herbal berbasis tumbuhan hutan dapat dirangkum dalam riset mengenai etnobotani dan farmakognosi, pengembangan metode dan teknik ekstraksi, komersialisasi dan perlindungan sumber daya hayati, dan kultivasi dan konservasi tanaman-tanaman potensial obat serta hutan secara keseluruhan.

Pustaka

- Allain, H. D., O. Bentue-Ferrer, S. Tribut, B. F. Gauthier and C. D.-L. R. Michel. 2003. Alzheimer's Disease: the pharmacological pathway. *Fundamental & Clinical Pharmacology* 17: 419-428.
- Baer, A. S. (1931). Borneo biomedical bibliography. Sarawak, Institute of East Asian Studies, Universiti Malaysia Sarawak.
- Balick, M. J. and R. Mendelsohn. 1992. Assessing the Economic Value of Traditional Medicines from Tropical Rain Forests. *Conservation Biology* 6(1): 128-130.
- Bao, Z., S. Guan, C. Cheng, S. Wu, S. H. Wong, D. M. Kemeny, B. P. Leung and W. S. F. Wong. 2009. A Novel Antiinflammatory Role for Andrographolide in Asthma via Inhibition of the Nuclear Factor- $\{\kappa\}$ B Pathway. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 179(8): 657-665.

- Bidasee, K. R., Y. Zhang, C. H. Shao, M. Wang, K. P. Patel, Á. D. Dincer and H. R. Besch. 2004. Diabetes Increases Formation of Advanced Glycation End Products on Sarco(endo)plasmic Reticulum Ca²⁺-ATPase. *Diabetes* 53(2): 463-473.
- Block, M. L. and J.-S. Hong. 2005. Microglia and inflammation-mediated neurodegeneration: Multiple triggers with a common mechanism. *Progress in Neurobiology* 76(2): 77-98.
- Bogdanov, V. Y. and B. Østerud. 2009. Cardiovascular complications of diabetes mellitus: The Tissue Factor perspective. *Thrombosis Research* 125(2): 112-118.
- Brownlee, M. 1995. Advanced protein glycosylation in diabetes and aging. *Annual Review of Medicine* 46: 223-34.
- Chazdon, R. L. 2003. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6(1-2): 51-71.
- Chen, H.-Y. and G.-C. Yen. 2007. Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L.) leaves. *Food Chemistry* 101(2): 686-694.
- Combs, C. K., J. C. Karlo, S.-C. Kao and G. E. Landreth. 2001. {beta}-Amyloid Stimulation of Microglia and Monocytes Results in TNF{alpha}-Dependent Expression of Inducible Nitric Oxide Synthase and Neuronal Apoptosis. *J. Neurosci.* 21(4): 1179-1188.
- Daroux, M., G. Prévost, H. Maillard-Lefebvre, C. Gaxatte, V. D. D'Agati, A. M. Schmidt and É. Boulanger. 2009. Advanced glycation end-products: Implications for diabetic and non-diabetic nephropathies. *Diabetes & Metabolism* 36(1): 1-10.
- Davis, T. (2000). *Sustaining the forest, the people, and the spirit*. New York, State University of New York Press.

- Denslow, J. S. and C. Padoch (1988). *People of the Tropical Rain Forest*. Berkeley, University of California Press.
- Di Stasi, L. C., G. P. Oliveira, M. A. Carvalhaes, M. Queiroz-Junior, O. S. Tien, S. H. Kakinami and M. S. Reis. 2002. Medicinal plants popularly used in the Brazilian Tropical Atlantic Forest. *Fitoterapia* 73(1): 69-91.
- Du, X., T. Matsumura, D. Edelstein, L. Rossetti, Z. Zsengeller, C. Szabo and M. Brownlee. 2003. Inhibition of GAPDH activity by poly(ADP-ribose) polymerase activates three major pathways of hyperglycemic damage in endothelial cells. *Journal of Clinical Investigation* 112(7): 1049-57.
- Farooqui, A. and A. A. Farooqui. 2009. *Perspective and Directions for Future Development on the Effects of Fish Oil Constituents on Brain. Beneficial Effects of Fish Oil on Human Brain*, Springer New York: 367-384.
- Farooqui, A. and A. A. Farooqui. 2009. *Status and Potential Therapeutic Importance of omega-3 Fatty Acids in Neurodegenerative Disease. Beneficial Effects of Fish Oil on Human Brain*, Springer New York: 217-260.
- Friedman, M. 1996. Food Browning and Its Prevention: An Overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44(3): 631-653.
- Furukawa, K. and M. P. Mattson. 1998. The Transcription Factor NF- κ B Mediates Increases in Calcium Currents and Decreases in NMDA- and AMPA/Kainate-Induced Currents Induced by Tumor Necrosis Factor- α in Hippocampal Neurons. *Journal of Neurochemistry* 70(5): 1876-1886.
- Gan, R.-Y., L. Kuang, X.-R. Xu, Y. Zhang, E.-Q. Xia, F.-L. Song and H.-B. Li. 2010. Screening of Natural Antioxidants from Traditional Chinese Medicinal Plants Associated with Treatment of Rheumatic Disease. *Molecule* 15(2010): 5988-5997.

- Gasser, A. and J. M. Forbes. 2008. Advanced glycation: implications in tissue damage and disease. *Protein and Peptide Letters* 15(4): 385-91.
- Gerdemann, A., H. D. Lemke, A. Nothdurft, A. Heidland, G. Münch, U. Bahner and R. Schinzel. 2000. Low-molecular but not high-molecular advanced glycation end products (AGEs) are removed by high-flux dialysis. *Clin Nephrol* 54(4): 276-83.
- Glenn, J. V. and A. W. Stitt. 2009. The role of advanced glycation end products in retinal ageing and disease. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects* 1790(10): 1109-1116.
- Gutiérrez, R. M. P., S. Mitchell and R. V. Solis. 2008. Psidium guajava: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology* 117(1): 1-27.
- Heneka, M. T. and M. K. O'Banion. 2007. Inflammatory processes in Alzheimer's disease. *Journal of Neuroimmunology* 184(1-2): 69-91.
- Henle, T. 2003. AGEs in foods: Do they play a role in uremia? *Kidney Int* 63(S84): S145-S147.
- Henle, T. 2005. Protein-bound advanced glycation endproducts (AGEs) as bioactive amino acid derivatives in foods. *Amino Acids* 29(4): 313-322.
- Ho, S.-C., S.-P. Wu, S.-M. Lin and Y.-L. Tang. 2010. Comparison of anti-glycation capacities of several herbal infusions with that of green tea. *Food Chemistry* 122(3): 768-774.
- Horie, K., T. Miyata, T. Yasuda, A. Takeda, Y. Yasuda, K. Maeda, G. Sobue and K. Kurokawa. 1997. Immunohistochemical localization of advanced glycation end products, pentosidine, and carboxymethyllysine in lipofuscin pigments of Alzheimer's disease and aged neurons. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 236(2): 327-32.

- Hsieh, C.-L., Y.-C. Lin, W.-S. Ko, C.-H. Peng, C.-N. Huang and R. Y. Peng. 2005. Inhibitory effect of some selected nutraceutic herbs on LDL glycation induced by glucose and glyoxal. *Journal of Ethnopharmacology* 102(3): 357-363.
- Hsieh, C.-L., Y.-C. Lin, G.-C. Yen and H.-Y. Chen. 2007. Preventive effects of guava (*Psidium guajava* L.) leaves and its active compounds against [alpha]-dicarbonyl compounds-induced blood coagulation. *Food Chemistry* 103(2): 528-535.
- Huell, M., S. Strauss, B. Volk, M. Berger and J. Bauer. 1995. Interleukin-6 is present in early stages of plaque formation and is restricted to the brains of Alzheimer's disease patients. *Acta Neuropathologica* 89(6): 544-551.
- Hyland, B., T. Whiffin, D. Christophel, B. Gray and R. Elick (2003). *Australian Tropical Rain Forest Plants: Trees, Shrubs and Vines*. Victoria, CSIRO Publishing.
- Iwata, H., H. Ukeda, T. Maruyama, T. Fujino and M. Sawamura. 2004. Effect of carbonyl compounds on red blood cells deformability. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 321(3): 700-6.
- Jerums, G., S. Panagiotopoulos, J. Forbes, T. Osicka and M. Cooper. 2003. Evolving concepts in advanced glycation, diabetic nephropathy, and diabetic vascular disease. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 419(1): 55-62.
- Johansen, M. B., L. Kiemer and S. Brunak. 2006. Analysis and prediction of mammalian protein glycation. *Glycobiology* 16(9): 844-853.
- Kim, S. U. and J. de Vellis. 2005. Microglia in health and disease. *Journal of Neuroscience Research* 81(3): 302-313.
- Kjær, K., D. Strøbæk, P. Christophersen and L. C. B. Rønn. 2009. Chloride channel blockers inhibit iNOS expression and NO production in

- IFN[gamma]-stimulated microglial BV2 cells. *Brain Research* 1281: 15-24.
- Loske, C., A. Gerdemann, W. Schepl, M. Wycislo, R. Schinzel, D. Palm, P. Riederer and G. Münch. 2000. Transition metal-mediated glycooxidation accelerates cross-linking of β -amyloid peptide. *European Journal of Biochemistry* 267(13): 4171-8.
- Lunceford, N. and A. Gugliucci. 2005. Ilex paraguariensis extracts inhibit AGE formation more efficiently than green tea. *Fitoterapia* 76(5): 419-427.
- Luterman, J. D., V. Haroutunian, S. Yemul, L. Ho, D. Purohit, P. S. Aisen, R. Mohs and G. M. Pasinetti. 2000. Cytokine Gene Expression as a Function of the Clinical Progression of Alzheimer Disease Dementia. *Arch Neurol* 57(8): 1153-1160.
- Maiorini, A. F., M. J. Gaunt, T. M. Jacobsen, A. E. McKay, L. D. Waldman and R. B. Raffa. 2002. Potential novel targets for Alzheimer pharmacotherapy: I. Secretases. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics* 27: 169-183.
- Matsuda, M., T. Tsukiyama, M. Bohgaki, K. Nonomura and S. Hatakeyama. 2007. Establishment of a newly improved detection system for NF-[kappa]B activity. *Immunology Letters* 109(2): 175-181.
- Meffert, M. K., J. M. Chang, B. J. Wiltgen, M. S. Fanselow and D. Baltimore. 2003. NF-[kappa]B functions in synaptic signaling and behavior. *Nat Neurosci* 6(10): 1072-1078.
- Mendelsohn, R. and M. Balick. 1995. The value of undiscovered pharmaceuticals in tropical forests. *Economic Botany* 49(2): 223-228.
- Mi, K. and G. V. W. Johnson. 2006. The Role of Tau Phosphorylation in the Pathogenesis of Alzheimers Disease. *Current Alzheimer Research* 3: 449-463.

- Miyata, T., Y. Wada, Z. Cai, Y. Iida, K. Horie, Y. Yasuda, K. Maeda, K. Kurokawa and C. V. Y. De Strihou. 1997. Implication of an increased oxidative stress in the formation of advanced glycation end products in patients with end-stage renal failure. *Kidney Int* 51(4): 1170-1181.
- Monnier, V. M. 2003. Intervention against the Maillard reaction in vivo. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 419(1): 1-15.
- Monnier, V. M. and A. Cerami. 1981. Nonenzymatic browning in vivo: possible process for aging of long-lived proteins. *Science* 211(4481): 491-3.
- Nantitanon, W., S. Yotsawimonwat and S. Okonogi. 2010. Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of guava leaf extract. *LWT - Food Science and Technology* 43(7): 1095-1103.
- Newman, E. B. 1994. Earth's Vanishing Medicine Cabinet: Rain Forest Destruction and Its Impact on the Pharmaceutical Industry. *American Journal of Law and Medicine* 20(1994): 479-502.
- O'Neill, L. A. J. and C. Kaltschmidt. 1997. NF- κ B: a crucial transcription factor for glial and neuronal cell function. *Trends in Neurosciences* 20(6): 252-258.
- Oksanen, T., B. Pajari and T. Tuomasjukka. 2003. Forests in Poverty Reduction Strategies: Capturing the Potential. *EFI Forest in Poverty Reduction*, Tuusula, Finland, European Forest Institute.
- Pastorino, L., A. Sun, P.-J. Lu, X. Z. Zhou, M. Balastik, G. Finn, G. Wulf, J. Lim, S.-H. Li, X. Li, W. Xia, L. K. Nicholson and K. P. Lu. 2006. The prolyl isomerase Pin1 regulates amyloid precursor protein processing and amyloid-[beta] production. *Nature* 440(7083): 528-534.
- Paul, R. G. and A. J. Bailey. 1996. Glycation of collagen: the basis of its central role in the late complications of ageing and diabetes. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology* 28(12): 1297-1310.

- Peyroux, J. and M. Sternberg. 2006. Advanced glycation endproducts (AGEs): pharmacological inhibition in diabetes. *Pathologie Biologie* 54(7): 405-419.
- Phillips, S. A. and P. J. Thornalley. 1993. The formation of methylglyoxal from triose phosphates. Investigation using a specific assay for methylglyoxal. *European Journal of Biochemistry* 212(1): 101-5.
- Poggioli, S., J. Mary, H. Bakala and B. Friguet. 2004. Evidence of Preferential Protein Targets for Age-Related Modifications in Peripheral Blood Lymphocytes. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1019(Strategies for Engineered Negligible Senescence: Why Genuine Control of Aging May Be Foreseeable): 211-214.
- Reddy, V., M. Obrenovich, C. Atwood, G. Perry and M. Smith. 2002. Involvement of maillard reactions in Alzheimer disease. *Neurotoxicity Research* 4(3): 191-209.
- Riederer, P. and S. Hoyer. 2006. From benefit to damage. Glutamate and advanced glycation end products in Alzheimer brain. *Journal of Neural Transmission* 113(11): 1671-1677.
- Ritchie, M. R. 2007. Use of herbal supplements and nutritional supplements in the UK: what do we know about their pattern of usage? *Proceeding of the Nutritions Society* 66(2007): 479-482.
- Riviere, S., I. Birlouez-Aragon and B. Vellas. 2010. Plasma protein glycation in Alzheimer's disease *Glycoconjugate Journal* 15(10): 1039-1042.
- Roberson, E. D., K. Scarce-Levie, J. J. Palop, F. Yan, I. H. Cheng, T. Wu, H. Gerstein, G.-Q. Yu and L. Mucke. 2007. Reducing Endogenous Tau Ameliorates Amyloid {beta}-Induced Deficits in an Alzheimer's Disease Mouse Model. *Science* 316(5825): 750-754.
- Salilah, J. and A. H. Klokke (1998). *Traditional medicine among the Ngaju Dayak in central Kalimantan: the 1935 writings of a former Ngaju Dayak priest*. Williamsburg, Borneo Research Council.

- Salminen, A., J. Huuskonen, J. Ojala, A. Kauppinen, K. Kaarniranta and T. Suuronen. 2008. Activation of innate immunity system during aging: NF- κ B signaling is the molecular culprit of inflamm-aging. *Ageing Research Reviews* 7(2): 83-105.
- Sastre, M., T. Klockgether and M. T. Heneka. 2006. Contribution of inflammatory processes to Alzheimer's disease: molecular mechanisms. *International Journal of Developmental Neuroscience* 24(2-3): 167-176.
- Schmitt, A., J. Schmitt, G. Münch and J. Gasic-Milencovic. 2005. Characterization of advanced glycation end products for biochemical studies: side chain modifications and fluorescence characteristics. *Analytical Biochemistry* 338(2): 201-215.
- Seeram, N. P., H. David, L. B. George, W. G. Vay Liang and M. John. 2006. Berries. *Nutritional Oncology (Second Edition)*. Burlington, Academic Press: 615-628.
- Sheeja, K., P. K. Shihab and G. Kuttan. 2006. Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of the Plant *Andrographis Paniculata* Nees. *Immunopharmacology and Immunotoxicology* 28(1): 129-140.
- Srikanth, V., A. Maczurek, T. Phan, M. Steele, B. Westcott, D. Juskiw and G. Münch. 2009. Advanced glycation endproducts and their receptor RAGE in Alzheimer's disease. *Neurobiology of Aging*.
- Takedo, A., T. Yasuda, T. Miyata, K. Mizuno, M. Li, S. Yoneyama, K. Horie, K. Maeda and G. Sobue. 1996. Immunohistochemical study of advanced glycation end products in aging and Alzheimer's disease brain. *Neuroscience Letters* 221(1): 17-20.
- Thorpe, S. R. and J. W. Baynes. 1996. Role of the Maillard reaction in diabetes mellitus and diseases of aging. *Drugs and Aging* 9(2): 69-77.

- Tsai, H.-R., L.-M. Yang, W.-J. Tsai and W.-F. Chiou. 2004. Andrographolide acts through inhibition of ERK1/2 and Akt phosphorylation to suppress chemotactic migration. *European Journal of Pharmacology* 498(1-3): 45-52.
- Ulrich, P. and A. Cerami. 2001. Protein Glycation, Diabetes, and Aging. *Recent Prog Horm Res* 56(1): 1-22.
- Uribarri, J., S. Woodruff, S. Goodman, W. Cai, X. Chen, R. Pyzik, A. Yong, G. E. Striker and H. Vlassara. 2010. Advanced Glycation End Products in Foods and a Practical Guide to Their Reduction in the Diet. *Journal of the American Dietetic Association* 110(6): 911-916.e12.
- Wautier, J.-L. and A. M. Schmidt. 2004. Protein Glycation: A Firm Link to Endothelial Cell Dysfunction. *Circ Res* 95(3): 233-238.
- Wolff, S. P., Z. Y. Jiang and J. V. Hunt. 1991. Protein glycation and oxidative stress in diabetes mellitus and ageing. *Free Radical Biology and Medicine* 10(5): 339-352.
- Wong, A., H. J. Luth, W. Deuther-Conrad, S. Dukic-Stefanovic, J. Gasic-Milenkovic, T. Arendt and G. Münch. 2001. Advanced glycation end-products co-localize with inducible nitric oxide synthase in Alzheimer's disease. *Brain Res* 920(1-2): 32-40.
- Wu, J.-W., C.-L. Hsieh, H.-Y. Wang and H.-Y. Chen. 2009. Inhibitory effects of guava (*Psidium guajava* L.) leaf extracts and its active compounds on the glycation process of protein. *Food Chemistry* 113(1): 78-84.
- Xia, Y.-F., B.-Q. Ye, Y.-D. Li, J.-G. Wang, X.-J. He, X. Lin, X. Yao, D. Ma, A. Slungaard, R. P. Hebbel, N. S. Key and J.-G. Geng. 2004. Andrographolide Attenuates Inflammation by Inhibition of NF- κ B Activation through Covalent Modification of Reduced Cysteine 62 of p50. *J Immunol* 173(6): 4207-4217.

- Yan, S. D., X. Chen, A. M. Schmidt, J. Brett, G. Godman, Y. S. Zou, C. W. Scott, C. Caputo, T. Frappier, M. A. Smith and dkk 1994. Glycated tau protein in Alzheimer disease: a mechanism for induction of oxidant stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91(16): 7787-91.
- Yasutake, C., K. Kuroda, T. Yanagawa, T. Okamura and H. Yoneda. 2006. Serum BDNF, TNF- α and IL-1 β levels in dementia patients. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience* 256(7): 402-406.
- Zhao, H.-R., J. B. Smith, X.-Y. Jiang and E. C. Abraham. 1996. Sites of Glycation of [beta]B2-Crystallin by Glucose and Fructose. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 229(1): 128-133.

Industri Ekstraksi Herbal, Masa Depan Kaltim

Anton Rahmadi

Pendahuluan

Nama Pasak Bumi sangat tenggelam dibandingkan istilah Tongkat Ali yang dijadikan andalan oleh herbalis negeri tetangga. Tablet Tongkat Ali sejak beberapa tahun belakangan sudah beredar di seluruh penjuru dunia, dianggap sebagai Viagra alami yang lebih aman.

Pasak Bumi ini adalah satu contoh tanaman herbal yang bernasib menyedihkan di negeri sendiri, tetapi bersinar di dunia. Menurut Caniago dan Seibert (1998), setidaknya terdapat 237 tanaman berpotensi obat asal hutan tropis Kalimantan. Sedihnya, hanya 11% diantaranya yang masih bisa dikenali masyarakat. Modernisasi semakin mencabut unsur kearifan lokal, ditambah perusakan dan pembukaan hutan yang banyak memunahkan spesies-spesies berpotensi ekonomi tinggi.

Hampir setiap tahun Kaltim Summit ataupun Ekspo digelar. Hampir semua pemangku kepentingan dan tokoh pembangunan hadir di forum ini. Diharapkan, semua datang dengan niat yang sama kuatnya untuk membangun Kaltim, tanah masa depan yang tidak lagi hanya tergantung kepada sumber mineral dan fosil.

Industri tanaman herbal berbasis kearifan lokal, seperti halnya pasak bumi yang sukses mendunia, masih jauh dari perhatian kita. Padahal, industri farmasi herbal termasuk industri yang tahan banting dan tidak terlalu terpengaruh krisis dunia. Berbagai argumentasi dapat mendukung pernyataan ini, seperti diidentifikasinya berbagai penyakit baru yang dengan sendirinya memerlukan jenis pengobatan baru. Masyarakat cenderung memanfaatkan ekstrak tanaman herbal untuk menjaga kesehatan dan vitalitas mereka. Riset obat-obat berbasis tanaman tradisional menjadi diperlukan, utamanya berfokus ke sumber-sumber lokal yang mudah didapat, diproduksi dan terjangkau masyarakat.

Dalam banyak kasus di industri farmasi kelas dunia, obat-obatan komersil kebanyakan berbahan baku senyawa-senyawa hasil ekstraksi dari tanaman

tradisional yang telah dibuktikan kasiatnya secara klinis. Kembali ke Pasak Bumi, saya melihat lebih dari 20 publikasi di tingkat internasional yang mendukung klaim ekstrak komponen dalam pasak bumi sebagai *aphrodisiac* (senyawa peningkat libido). Lagi-lagi, hampir semua penelitian dilakukan oleh negeri-negeri tetangga.

Empat alasan pengembangan industri herbal

Semakin lama kita terlenu, semakin banyak potensi kemakmuran bangsa yang lepas. Adalah saat yang tepat pada dekade ini untuk mulai mencanangkan industrialisasi tanaman herbal asli kalimantan dengan tiga dalih utama, pengetahuan yang semakin pudar, kepunahan tanaman akibat kerusakan ekologi, hilangnya identitas lokal, dan persaingan dari dunia luar.

Kredo utama dari pengetahuan adalah mewariskan ilmu bagi generasi mendatang. Saat ini pengetahuan akan tanaman tradisional berkhasiat obat menjadi langka dan dirahasiakan dari generasi ke generasi. Penelitian Caniago dan Seibert sepuluh tahun silam membukakan mata bahwa hanya dalam setiap pergantian generasi, hampir 40% pengetahuan lokal tidak berhasil diteruskan. Padahal, tidak ada lagi yang perlu dirahasiakan semenjak tahun 1931, saat missionaris Belanda, A. H. Klokke, menerbitkan buku identifikasi dan kasiat tanaman obat asal tanah Dayak. Orang-orang di luar semakin mempelajari dan paham, sementara dekadensi pengetahuan akan tanaman obat ini semakin tampak di masyarakat kita dari generasi ke generasi.

Masalah lainnya yang sangat signifikan adalah punahnya spesies-spesis tanaman obat akibat pembukaan hutan sebagai tambang-tambang ataupun bencana ekologi seperti kebakaran hutan. Tidak tampak ada motivasi keekonomian yang kuat untuk menjaga kelestarian hutan tradisional kita. Hutan tampak menjadi beban yang semakin lama semakin tidak menghasilkan. Upaya mengangkat tanaman obat tradisional akan mencoba mengatasi

masalah ini. Masyarakat, didukung dengan pengetahuan ekstraksi modern, dapat memproduksi secara modern berbagai produk herbal yang dapat dijustifikasi klaim-klaimnya setelah dianalisis di laboratorium yang terpercaya.

Alasan ketiga, berkenaan dengan identitas masyarakat lokal yang ditentukan dari pengetahuannya akan lingkungan sekitarnya. Tanaman obat tradisional merupakan salah satu simbol harmonisasi manusia dengan lingkungannya. Sayangnya simbol-simbol ini semakin tergusur dengan simbol-simbol materialistik sesaat dan mudah dicapai, membuka tambang contohnya.

Negera-negara tetangga telah berlangkah-langkah lebih maju dalam menggarap potensi negeri kita untuk memperkaya mereka sendiri. Pasak bumi, yang saya jadikan contoh tetap disini, dijual dengan harga 50 dollar per 30 butir. Mudah sekali mengkalkulasi omset dan keuntungan dari produk yang dijual mendunia dengan berbagai nama ini. Ini baru satu jenis tanaman, kita masih punya tebar kedayang, bawang tiwai, akar kuning, dan 230an spesies lagi.

Memulai industri herbal

Membuat simplisia (bagian tanaman yang dikeringkan) adalah cara yang sangat tradisional dalam industri herbal. Cara seperti ini tidak lagi ampuh untuk bersaing di dunia modern. Begitu pula dengan klaim kasiat berdasarkan informasi turun-temurun. Kita memerlukan modernisasi industri herbal untuk mendapatkan dampak ekonomi positif yang lebih tinggi serta meningkatkan taraf hidup masyarakat.

Industri herbal dimulai dengan mengkoleksi tanaman-tanaman obat setempat dalam sebuah kebun koleksi. Di lokasi tersebutlah, proses ekstraksi dan pemurnian parsial dilakukan. Masing-masing komponen berpotensi obat selanjutnya dianalisis untuk dikelompok-kelompokkan berdasarkan kasiat utamanya. Saat ini, primadona pengobatan beralih ke anti penuaan dini,

anti kanker, peningkatan vitalitas, penyerapan racun, dan antibiotik (termasuk mengobati berbagai jenis virus flu).

Kita dapat bekerja sama dengan negara-negara maju sebagai partner yang setara. Kerjasama adalah unsur penting dalam menggapai standar dan pengakuan internasional secara cepat. Tentu saja, dalam kerja sama harus didefinisikan masalah IP (*Intellectual Property*) atau kekayaan intelektual secara memadai. Demikian, sehingga kita tidak dirugikan dalam tahapan komersialisasi obat-obatan herbal ini.



Ekstraksi Fluida Superkritis CO₂ pada Komponen Antioksidan Karotenoid

Miftakhur Rohmah dan Anton Rahmadi

Dipublikasikan di Majalah FoodReview Mei 2017

Pendahuluan

Teknologi ekstraksi komponen-komponen pangan telah berkembang pesat. Ekstraksi adalah metode untuk memisahkan bioproduk yang prosesnya tergantung pada perpindahan massa. Kecepatan ekstraksi dipengaruhi oleh kecepatan difusi untuk mampu melewati lapisan cairan pada antarmuka. Salah satu metode ekstraksi yang dianggap modern, cepat, dan ramah lingkungan adalah dengan fluida superkritis (*Supercritical Fluids Extraction*, SFE). Ekstraksi fluida superkritis menggunakan pelarut (umunya disebut fluida) yang diatur pada kondisi superkritis.

Kondisi superkritis maksudnya adalah kondisi dimana suhu dan tekanan pelarut di atas titik kritisnya. Pada kondisi tersebut, fasa cair dan gas menjadi satu. Fluida pada kondisi superkritis biasanya memiliki sifat solvansi yang sama dengan fasa cair tetapi memiliki sifat mobilitas seperti pada fasa gas. Akibatnya, pelarut dalam kondisi ini akan mudah menembus padatan sebagaimana layaknya gas dan melarutkan bahan sebagaimana layaknya cairan.

Teknik ini terbukti efisien sebagai cara ekstraksi komponen bioaktif dari tanaman. Dalam penggunaannya, teknik ekstraksi fluida superkritis dapat dilakukan dengan setidaknya dua cara. Pertama, temperatur fase zat cair ditingkatkan hingga dapat melebihi temperatur titik kritis pada tekanan yang konstan. Cara kedua adalah dengan melakukan kompresi pada kondisi temperatur yang konstan sampai melewati tekanan kritisnya pada zat yang berfase gas.

Keunggulan Teknologi

Sebagai teknik ekstraksi yang relatif baru, ekstraksi fluida superkritis memiliki kelebihan dari penggunaan teknologi ekstraksi lainnya. Waktu ekstraksi yang singkat dan selektivitas yang tinggi adalah dua keunggulan utama teknologi ini. Keunggulan lain penerapan teknologi superkritis adalah pelarut

mudah di daur ulang, pada umumnya bersifat tidak reaktif (inert), tidak mudah terbakar, daya larut yang tinggi dibandingkan pada kondisi salah satu fasa gas atau cair, dan mudah dipisahkan dari bahan baku dan produk akhir (ekstraktan).

Fluida yang Digunakan dalam Teknologi Ekstraksi Superkritis

Ada beberapa senyawa yang bisa dipakai dalam teknik ekstraksi fluida super kritis, diantaranya yaitu nitrogen, metana, xenon, etilene, namun yang paling banyak dan sering digunakan dalam proses ekstraksi ini adalah karbon dioksida (CO₂). CO₂ memiliki temperatur kritis 31,1 °C dan tekanan tekan 73,8 bar yang akan mampu mempertahankan sifat *thermolabile* pada zat yang diekstraksi. Temperatur tersebut merupakan suhu yang dekat dengan suhu kritis yang sering digunakan untuk senyawa biologis. CO₂ superkritis memiliki tegangan permukaan hamper nol, sehingga lebih memudahkan penetrasi fluida pada berbagai matriks. CO₂ sebagai fluida juga memiliki tingkat kemurnian yang tinggi dan yang terpenting adalah ekonomis dan telah disetujui penggunaannya oleh FDA.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam optimasi proses ekstraksi fluida superkritis CO₂ adalah temperatur, tekanan, ukuran partikel, kecepatan alir pelarut CO₂, dan waktu ekstraksi. Kondisi operasional yang digunakan seiring dengan waktu akan menyebabkan fluida mengalami peningkatan temperatur dan tekanan. Di sisi lain, ukuran partikel ekstraktan akan mempengaruhi kecepatan ekstraksi, dimana ukuran partikel yang semakin besar akan memperlambat proses ekstraksi. Selanjutnya, pengaturan suplai CO₂ perlu diperhatikan, dimana peningkatan laju alir secara bertahap dapat meningkatkan konsentrasi ekstraktan (*yield*). Waktu ekstraksi perlu diusahakan agar dapat dilakukan secara cepat, sehingga kemurnian ekstraktan dari solute akan lebih tinggi.

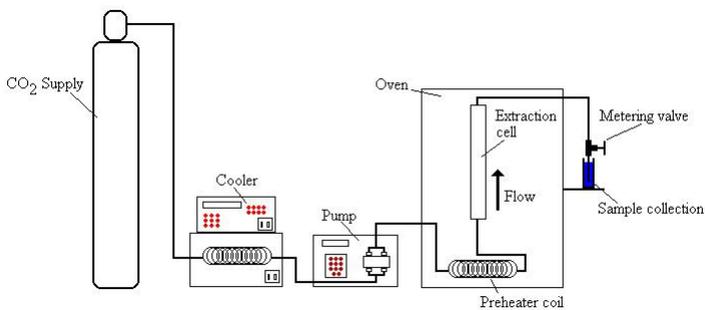
Alat Ekstraksi Fluida Superkritik

Komponen umum yang terdapat dalam peralatan ekstraksi fluida superkritik adalah suplai atau penyimpanan CO₂, pendingin, pompa, pemanas (oven), koil pemanas awal, sel ekstraksi, katup (*valve*), dan kolektor ekstraktan (Gambar 1). Un-

tuk keamanan penggunaan teknologi ekstraksi superkritik, perhatian khusus perlu diberikan pada bagian sistem penyimpanan CO₂, pompa liquid bertekanan tinggi dan kolom ekstraksi.

Penerapan Teknologi

Karotenoid adalah kelompok pertama dari komponen lipofilik, yang banyak ditemukan pada buah dan sayuran yang berwarna kuning, oranye dan hijau tua, memiliki berbagai manfaat kesehatan terutama sebagai sumber provitamin A yang merupakan mikronutrien penting yang dibutuhkan untuk kesehatan mata terhadap *age-related macular degeneration* (AMD). Karotenoid memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi. Diet tinggi karoten dianggap mampu menurunkan obesitas serta risiko penyakit kanker, kardiovaskuler, dan diabetes tipe 2.



Gambar 1. Skematik diagram alat ekstraksi fluida superkritik.

Sumber : Wikipedia

Sekalipun bermanfaat bagi kesehatan, karotenoid memiliki daya larut yang rendah dalam air yaitu sekitar 0,6 mg/L, memiliki sifat yang sensitif terhadap panas, cahaya dan oksigen, sehingga memberi keterbatasan aplikasinya pada produk olahan pangan. Daya larut yang rendah menunjukkan bahwa adanya tingkat absorpsi yang rendah pada saluran pencernaan sehingga bioaksesibilitas cenderung rendah.

Salah satu upaya untuk mendapatkan sumber karotenoid yang baik untuk dapat dijadikan ingredient pangan fungsional adalah dengan memisahkan karotenoid dari matriks pangan yang mengandung karotenoid tinggi. Sifat karotenoid yang sensitif terhadap panas dan cahaya, merupakan alasan perlu dilakukan teknik ekstraksi rendah panas. Secara umum, teknik ekstraksi karotenoid dapat dilakukan dengan pelarut organik. Akan tetapi, teknik ini memiliki kelemahan penggunaan pelarut sifatnya yang mudah terbakar dan meninggalkan residu berbahaya bagi lingkungan.

Untuk ekstraksi komponen karotenoid dengan metode superkritis perlu diperhatikan bahwa berat molekul karotenoid yang besar dapat menyebabkan kelarutan yang rendah apabila menggunakan CO₂ sebagai fluidanya. Biasanya, tingkat rekovery ekstraktan yang dihasilkan rendah. Rendemen ekstraktan yang diperoleh berkisar antara 60-65% dibandingkan dengan teknik konvensional menggunakan pelarut n-heksana. Untuk meningkatkan rendemen hingga 15% lebih tinggi, *modifier* dapat ditambahkan ke dalam proses ekstraksi CO₂ superkritis. Penambahan *modifier*, contohnya etanol, akan mengubah kondisi ekstraksi dan juga dapat memodifikasi komponen bioaktif, sehingga berdampak pada kapasitas antioksidan dan komposisi senyawa-senyawa hasil ekstraksi. Teknik karotenoid dengan metode ekstraksi CO₂ superkritis yang dipelajari beberapa tahun terakhir memfokuskan pada optimalisasi beberapa parameter teknik seperti tekanan, suhu, kecepatan alir CO₂ waktu ekstraksi, kadar air bahan matriks pangan dan juga ukuran partikel dari matriks yang akan diekstraksi.

Sebagai contoh, Millao dan Uquiche (2016) melakukan ekstraksi karotenoid dengan metode CO₂ superkritis dari mikro alga *Nannochloropsis gaditana*

yang mengandung kadar lemak tinggi. Suhu yang diujicobakan adalah diantara 36 dan 64 °C dengan kepadatan CO₂ 914-956 kg/m³. Peningkatan rendemen dan aktivitas antioksidan dari karotenoid yang diperoleh adalah selaras dengan peningkatan suhu dan kepadatan CO₂. Peningkatan aktifitas antioksidan terjadi 1,7 kali lipat pada uji TEAC, 1,5 kali lipat pada uji BCBI dan 1,7 kali lipat pada uji FRAP pada suhu operasional 64 °C dengan kepadatan CO₂ 956 kg/m³.

Hasil penelitian lainnya adalah Kehili *dkk* (2017). Teknik ekstraksi CO₂ superkritis digunakan untuk mengekstrak kelompok karotenoid yaitu likopen dan β -karoten sebagai oleoresin dari limbah industri kulit tomat. Proses ekstraksi dilakukan pada suhu 50-80 °C, tekanan 300-500 bar, kecepatan aliran 3-6 g CO₂/min, dan waktu ekstraksi 105 menit. Kondisi tersebut memberikan rendemen ekstrak yang bervariasi yaitu dari 32,02% menjadi 60,85% untuk likopen dan dari 28,38% menjadi 58,8% untuk β -karoten. Rendemen dari proses ekstraksi ini juga dibandingkan dengan rendemen ekstraksi metode maserasi konvensional, yaitu dengan menggunakan pelarut heksana, etil asetat dan etanol. Aktivitas antioksidan yang dimiliki ekstrak dengan metode ekstraksi superkritis lebih baik dibandingkan ekstrak dengan metode maserasi. Ini menunjukkan bahwa metode CO₂ superkritis potensial untuk digunakan pada limbah kulit tomat.

Penutup

Sebagai penutup, aplikasi metode ekstraksi fluida superkritis dengan CO₂ di bidang pangan sangat potensial, khususnya untuk komponen bioaktif bernilai ekonomis tinggi. Penggunaan metode ekstraksi fluida superkritis memiliki banyak keunggulan dari sisi implementasi, sehingga layak untuk dipertimbangkan dalam implementasi di tingkat komersial. Kelemahan utama yang masih perlu diperbaiki untuk teknologi ini adalah biaya investasi awal yang tinggi dan rendemen ekstrak yang masih rendah bila dibandingkan

dengan metode ekstraksi konvensional. Akan tetapi, apabila yang diinginkan adalah komponen fungsional yang berkualitas terbaik, maka metode ekstraksi fluida superkritis ini merupakan teknologi idaman.

Pustaka

- Attard TM, McElroy CR, Hunt AJ. 2015. Economic Assessment of Supercritical CO₂ Extraction of Waxes as Part of a Maize Stover Biorefinery. *Int. J. Mol. Sci.* 16: 17546-17564.
- Millao S, Uquiche E. 2016. Antioxidant activity of supercritical extracts from *Nannochloropsis gaditana*: Correlation with its content of carotenoids and tocopherols. *J. of Supercritical Fluids* 111: 143–150.
- Kehili M, Kammlott M, Choura S, Zammel A, Zetzl C, Smirnova I, Allouche N and Sayadi S. 2017. Supercritical CO₂ extraction and antioxidant activity of lycopene and -carotene-enriched oleoresin from tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) peels by-product of a Tunisian industry. *Food and Bioproducts Processing* 102: 340–349.



Meningkatkan kualitas Pangan Lokal Kalimantan Hasil Fermentasi BAL

Anton Rahmadi, Fitri Ulandari, Syifa Arum Sari

Mulawarman University, Samarinda, East Kalimantan, Indonesia

**Tulisan ini dirangkum dari Buku Bakteri Asam Laktat dan Mandai
Cempedak.**

Pendahuluan

Fermentasi merupakan proses kompleks pemecahan kimiawi bahan organik dengan bantuan enzim sebagai biokatalis sebagai akibat dari aktivitas agen biologis yang aman bagi kesehatan. Selain untuk diversifikasi produk pangan, fermentasi memberikan keuntungan karena mengurangi senyawa anti-nutritif, memecah senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana, memperbaiki cita rasa, dan meningkatkan pencernaan produk pangan. Fermentasi dapat mengubah tekstur produk olahan sebagaimana diamati pada yoghurt, keju, sayur asin, ikan peda, dan produk tepung-tepungan.

Dalam industri pangan, bakteri asam laktat (BAL) merupakan salah satu kelompok mikroba yang paling banyak dimanfaatkan untuk fermentasi daging, sayuran, buah-buahan, susu, roti dan bakeri. Secara umum, BAL digolongkan ke dalam mikroba tidak berbahaya, tidak menghasilkan racun, dan memiliki risiko yang rendah terhadap kesehatan. Bahkan, BAL mampu menghasilkan senyawa-senyawa yang bermanfaat bagi kesehatan oleh sebab sifatnya yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen dan kapang. Beberapa strain dari BAL mampu menghambat pertumbuhan jamur dan secara terbatas dapat mencegah pembentukan mikotoksin.

Sumber dari BAL dapat berasal dari kultur spontan maupun kultur pemula. BAL secara umum terbagi dalam dua kelompok besar yaitu yang tumbuh di produk berbasis susu dan di produk berbasis selain susu. Genus *Lactobacillus* dikenal sebagai bakteri ubiquitous, yaitu bakteri yang mampu beradaptasi di banyak sumber pangan oleh sebab memiliki berbagai enzim yang mampu memanfaatkan banyak substrat. *Lb. casei* merupakan bakteri dari kelompok produk berbasis susu, akan tetapi dapat pula dimanfaatkan untuk fermentasi produk-produk non-susu (Rahmadi *et al*, 2017). *Lb. casei* dapat digunakan untuk fermentasi pangan berbasis tanaman karena memiliki enzim amilase, laktat dehidrogenase, peptidase, dan proteinase (Hur *et al*, 2014). *Lb. plantarum* merupakan bakteri dari kelompok produk berbasis non-susu. BAL ini dapat ditemukan secara alamiah di tanaman segar seperti sayuran dan buah-buahan. *Lb. plantarum* memiliki enzim amilase, β -glukosidase,

dekarboksilase, laktat dehidrogenase, peptidase, asam fenolat dekarboksilase, fenol reduktase, proteinase, dan tanase (Siezen *et al*, 2012).

Proses fermentasi dapat berjalan dengan baik apabila faktor-faktor ekstrinsik dan intrinsik pertumbuhan agen biologis tersebut dapat dioptimalkan. Sebagai contoh, pertumbuhan BAL akan cenderung lebih kompetitif pada kondisi lingkungan berkadar garam sedang (5 s.d. 15%), suhu fermentasi sedang (mesofilik), dan terdapat sumber karbohidrat yang sesuai seperti laktosa dan gula sederhana yang lain. Dari pengetahuan ini, BAL dari produk-produk olahan lokal dapat isolasi dan di re-introduksi sebagai kultur pemula untuk meningkatkan persentase keberhasilan proses pengolahan pangan hasil fermentasi.

Pangan Lokal Kalimantan Hasil Fermentasi BAL

Pangan tradisional produk fermentasi BAL dapat ditemukan di Kalimantan, khususnya Kalimantan Timur. Beberapa produk tersebut yang telah menjadi kajian secara intensif adalah produk hasil fermentasi BAL, seperti *Virgin Coconut Oil* (VCO) dengan fermentasi BAL, *Mandai Cempedak*, *Jaruk Tegarun*, *Telu' Ikan* dan biji kakao. VCO-BAL dihasilkan dari proses ekstraksi minyak *virgin* kelapa dengan bantuan BAL. Secara prinsip, BAL membantu pemecahan santan dengan jalan pemecahan komponen karbohidrat sederhana pada santan dan menurunkan pH, sehingga menyebabkan penggumpalan protein emulsifier alami dan perusakan tegangan permukaan dari emulsi santan (Rahmadi *et al*, 2013).

Mandai Cempedak (Nur, 2009; Emmawati *et al*, 2015; Rahmadi *et al*, 2017) diproduksi dari bahan baku kulit bagian dalam buah cempedak (*Artocarpus champeden*) dengan memanfaatkan garam sebagai sarana selektif pertumbuhan BAL. Secara tradisional, *Mandai Cempedak* digunakan sebagai sayur dan digoreng sebagai penganan atau kudapan. *Lb. plantarum* dan *Leuconostoc sp.* merupakan BAL yang umum diisolasi dari produk ini.

Jaruk Tegarun merupakan produk hasil fermentasi BAL dari Bunga Tegarun (*Crataeva nurvala*) dengan dibantu garam (Rahmi *et al*, 2016). Dalam pemakaian sehari-hari di masyarakat Kutai dan Banjar, *Jaruk Tegarun* dikonsumsi sebagai sayur atau penyedap alami. Sebagaimana pada fermentasi *Mandai Cempedak*, *Lb. plantarum* dan *Leuconostoc sp.* adalah bakteri yang berhasil diisolasi dari produk ini.

Sedikit berbeda dengan fermentasi basah pada *Mandai Cempedak* dan *Jaruk Tegarun*, *Telu'* ikan sungai (*Furud*, *Garra sp.*) merupakan hasil fermentasi kering. *Telu'* difermentasi dalam media tepung beras atau singkong yang telah disangrai dengan sebelumnya ditambahkan garam. Metode ini diduga melibatkan BAL, bakteri penghasil spora, khamir, dan kapang.

Walaupun peran BAL tidak eksklusif, biji kakao dapat digolongkan produk hasil fermentasi yang dapat memanfaatkan kultur bakteri tersebut. Fermentasi kakao merupakan fermentasi kompleks di mana terdapat pelibatan banyak mikroorganisme secara suksesif (Schwan dan Wheals, 2004). Secara tradisional, biji kakao dibiarkan dalam kotak atau terpal agar daging buah (*pulp*) mengalami proses fermentasi alamiah. Mikroorganisme yang terlibat terdiri dari kelompok bakteri penghasil spora seperti *Bacillus sp.*, yeast seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida sp.*, BAL seperti *Lb. plantarum*, dan bakteri penghasil cuka seperti *Acetobacter aceti*. Sebagai pencemar, biji kakao dapat terinfeksi kapang penghasil toksin seperti dari genus *Aspergillus* (Rahmadi dan Fleet, 2008).

Selain biji kakao, sebagian besar produk tradisional fermentasi BAL asal Kalimantan merupakan hasil proses fermentasi spontan dengan bantuan garam. Stereotipe produk pangan tradisional biasanya diproduksi dengan teknologi rendah, kurang higienis, dan rentan kontaminasi mikroba patogen. Artinya, perlu dilakukan upaya introduksi teknologi sederhana dan tepat guna untuk meningkatkan kualitas pangan lokal Kalimantan hasil fermentasi BAL. Upaya pertama yang dapat dilakukan adalah pengenalan kultur pemula.

Fermentasi Induktif dengan Kultur Pemula

Proses fermentasi menggunakan kultur pemula (atau fermentasi induktif) dengan menggunakan BAL telah banyak dipraktekkan pada produk olahan berbasis susu, namun kurang populer untuk produk olahan non-susu. Beberapa sebab kekurang populeran itu adalah (1) fermentasi BAL dengan mudah diinduksi dengan bantuan garam, (2) iklim tropis Indonesia (suhu dan kelembaban yang sesuai) memungkinkan fermentasi spontan BAL terjadi dengan cepat, (3) pemeliharaan kultur pemula bagi pelaku industri produk lokal terbilang cukup rumit dan memerlukan upaya tersendiri.

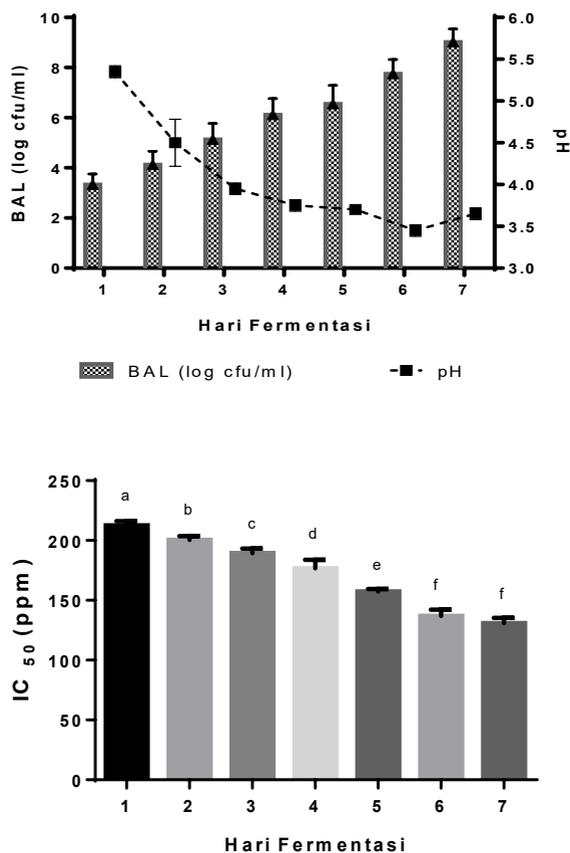
Padahal, keuntungan fermentasi induktif dibandingkan dengan fermentasi alami adalah proses fermentasi lebih dapat diprediksikan waktu dan karakteristik produk akhirnya, serta kecil kemungkinan kegagalan fermentasi ataupun tercemar patogen. Pembentukan flavour dapat dilakukan *by-design* dengan bantuan kultur tunggal atau campuran murni, sehingga kualitas produk antar periode produksi dapat seragam. Pada konsentrasi yang optimum untuk pertumbuhan kultur, bahan baku atau media dapat dikondisikan dengan lebih terukur, menghasilkan yield yang lebih tinggi dan kualitas yang lebih baik dibandingkan produk dengan kultur spontan. Derajat keasaman dan A_w dipantau selama proses fermentasi untuk mempertahankan cita rasa khas yang membedakan produk dari satu unit usaha dengan produk dari unit usaha yang lain.

Salah satu produk hasil fermentasi BAL lokal yang dapat ditingkatkan kualitas produknya adalah *Mandai Cempedak*. Penggunaan teknik fermentasi yang higienis menyebabkan populasi BAL tumbuh dengan dominan selama periode fermentasi. Penggunaan kultur pemula *Lb. casei* untuk fermentasi menghasilkan *Mandai Cempedak* dengan pH 3.5. Total populasi BAL *Mandai Cempedak* mencapai 10^9 CFU/g, dengan densitas > 99% populasi total bakteri. Dari parameter pH dan total BAL diperoleh bahwa waktu optimum fermentasi *Mandai Cempedak* dengan kultur pemula pada suhu 37 °C adalah 6 hari (Rahmadi *et al*, 2017).

Selain meningkatkan kualitas produk lokal, secara umum BAL mampu melepaskan polifenol dari matriks bahan pangan. Akibatnya, bioavailabilitas senyawa-senyawa antioksidan menjadi meningkat. Gugus-gugus fenolik yang terikat pada serat tidak larut akan dilepaskan dengan bantuan mikroorganisme yang memiliki enzim untuk mendegradasi serat. Zubaidah *et al* (2010) menyebutkan bahwa aktivitas antioksidan dalam produk berbahan baku tumbuhan pada umumnya selaras dengan kandungan total fenol dan total flavonoid. Peningkatan aktivitas antioksidan dapat terjadi karena adanya aktivitas BAL dalam medium. Selama fermentasi, senyawa – senyawa yang dapat menaikkan dan menstabilkan aktivitas antioksidan dapat diproduksi, seperti asam laktat, asam asetat, asam sitrat, asam suksinat, asam malat, asetaldehid, diasetil, dan asetoin.

Penggunaan kultur pemula akan menyebabkan produk memiliki profil kandungan polifenol dan aktivitas antioksidan yang berbeda. Total flavonoid meningkat dari 6,8 mg CE/Kg pada hari pertama menjadi 20,8 dan 21,7 mg CE/Kg pada hari ke-6 dan ke-7 fermentasi. IC_{50} terhadap reduksi DPPH menurun dari setara 212,6 ppm menjadi 130,8 ppm setara Vitamin C (Rahmadi *et al*, 2017).

Penggunaan kultur pemula *Lb. plantarum* asal isolat mandai dan *Lb. casei* pada pembuatan VCO melalui proses fermentasi menghasilkan perluasan zona penghambatan hampir 200% terhadap *E. coli* dan *S. aureus* bila dibandingkan dengan zona penghambatan dari VCO yang dihasilkan tanpa proses fermentasi. Pengaruh perluasan zona penghambatan ini diduga disebabkan adanya bakteriosin lipofilik yang terlarut di dalam VCO hasil fermentasi dengan kultur pemula BAL (Rahmadi *et al*, 2013).



Gambar 1. (atas) Pertumbuhan kultur pemula pada *Mandai Cempedak* di suhu 37 °C (bawah) IC₅₀ terhadap reduksi DPPH pada *Mandai Cempedak* yang difermentasi kultur pemula pada suhu 37 °C

Upaya-upaya peningkatan kualitas fermentasi pangan lokal

Produk pangan hasil fermentasi tradisional pada umumnya dilakukan di tempat terbuka dan dengan menggunakan peralatan yang kurang higienis. Upaya peningkatan produk tersebut dapat dilakukan dengan mencegah pertumbuhan mikroba patogen, misalnya dengan menghindari kontak langsung dengan pekerja dan lingkungan, melakukan pasteurisasi, dan menerapkan sanitasi higienis dalam setiap penanganan pangan sesuai dengan *Good Manufacturing Procedure* (GMP).

Prinsip hygiene dan sanitasi makanan melingkupi empat aspek, yaitu pekerja, bahan baku, peralatan, dan lingkungan tempat pengolahan. Untuk menghasilkan produk pangan hasil fermentasi lokal yang berkualitas tinggi, perilaku saniter dan higienis adalah faktor terpenting yang diaplikasikan dalam proses pengolahan, peralatan, lingkungan, dan pekerja. Upaya yang integratif perlu dilakukan di industri pengolahan pangan hasil fermentasi lokal untuk mencegah terkontaminasinya pangan oleh mikroba patogen dan pembusuk.

Selanjutnya, peningkatan kualitas proses fermentasi pangan lokal dapat dilakukan dengan perlakuan awal atau blansir yang berfungsi untuk menghilangkan senyawa non-nutrisi. Beberapa alkaloid dikenal sebagai penghambat pertumbuhan mikroba, termasuk di dalamnya kultur pemula. Upaya lanjutan adalah penggunaan aerasi dan pengadukan dalam proses fermentasi berkelanjutan. Beberapa proses produksi juga menerapkan penambahan bahan tambahan pangan yang berfungsi sebagai media seleksi atau penghambat patogen.

Kesimpulan

Upaya meningkatkan kualitas pangan lokal Kalimantan hasil fermentasi BAL dapat dilakukan menggunakan teknologi sederhana dan tepat guna, misalnya dengan memanfaatkan kultur yang tersedia secara komersial. Beberapa produk pangan lokal hasil fermentasi BAL dengan kultur pemula memiliki karakteristik yang lebih superior, misalnya kandungan senyawa-senyawa antioksidan dan antimikrobia yang lebih tinggi. Penggunaan kultur pemula hendaknya dibarengi dengan penerapan prinsip higiene dan sanitasi dari sisi pekerja, bahan baku, peralatan, dan lingkungan tempat pengolahan.

Daftar Pustaka

- Rahmadi A, Abdiah I, Sukarno MD, Purnaningsih T. Karakteristik Fisiokimia dan Antibakteri Virgin Coconut Oil Hasil Fermentasi Bakteri Asam Laktat. *J. Teknol. Industri Pangan*. 24(2):178-183. DOI: 10.6066/jtip.2013.24.2.178.
- Rahmadi A, Murdiyanto W. 2015. Kontrol Kualitas Antioksidan Produk Herbal Asal Kalimantan Timur dengan Alat Pengering Herbal Tenaga Matahari. Laporan penelitian Hibah Fundamental. Universitas Mulawarman, Samarinda
- Rahmadi, A & G H Fleet. 2008. The Occurrence of Mycotoxigenic Fungi in Cocoa Beans From Indonesia and Queensland, Australia. *Proceeding of International Seminar on Food Science*, University of Soegiyaprana-ta, Semarang INDONESIA (FMB-10).
- Rahmadi, A., Emmawati, A., Yuliani. 2017. Bubuk dan Cuka Mandai: Produk Fungsional Lokal Generasi Kedua Hasil Fermentasi Cempedak (*Artocarpus integer*). Laporan Hibah PPT. Universitas Mulawarman, Samarinda

- Rahmi, N., Hamayani, E., Santosa, U., Darmadji, P. 2016. Identifikasi Bakteri Asam Laktat dan Aktivitas Penghambatan Radikal pada Jaruk Tiagarun (*Crataeva nurvala*, Buch Ham). *Agritech* 36(3): 317-326.
- Schwan, R.F., dan Wheals, A.E. 2004. The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2004;44(4):205-21.
- Zubaidah, E., Aldina, N., & Nisa, F. C. (2010). Studi Antioksidan Bekatul Dan Susu Skim Terfermentasi Bakteri Asam Laktat Probiotik (*Lactobacillus plantarum* J2 dan *Lactobacillus casei*). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(1), 11–17.
- Nur, H. S. (2009). Sukses mikroba dan aspek biokimiawi fermentasi mandai dengan kadar garam rendah. *Makara, SAINS*, 13(1), 13–16.
- Emmawati, A., Sri, B., Suryaatmadja, L., Nuraida, L., & Syah, D. (2015). Characterization of Lactic Acid Bacteria Isolates from Mandai Function as Probiotic. *AGRITECH*, 35(2), 146–155.
- Hur SJ, Lee SY, Kim YC, Choi I, Kim GB. 2014. Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. *Food Chemistry* 160: 346–356.
- Siezen RJ, Francke C, Renckens B, Boekhorst J, Wels M, Kleerebezem M. 2012. Complete Resequencing and Reannotation of the *Lactobacillus plantarum* WCFS1 Genome. *J. Bacteriol.* 194(1): 195-196.

Tabel 1. Peningkatan sifat fungsional produk makanan lokal hasil fermentasi dengan kultur pemula

Makanan lokal	Sifat Fungsional	Metode Peningkatan Kualitas	Kultur Pemula
<i>Virgini coconut oil</i>	Senyawa anti mikroba berasal dari asam lemak jenuh rantai pendek (asam laurat)	Penggunaan kultur pemula bakteri asam laktat mampu meningkatkan senyawa anti mikroba antara 27 dan 51% dibandingkan kontrol positif antibiotik	<i>Lb. plantarum</i> , <i>Lb. casei</i>
<i>Mandai Cempedak</i> , <i>Jaruk Tegarun</i> , <i>Tempoyak</i>	Probiotik/prebiotik dari kultur alami <i>Lb. plantarum</i> dan <i>Leuconostoc sp.</i>	Penggunaan kultur pemula meningkatkan kadar polifenol dengan marker flavonoid dan potensi aktivitas antioksidan dengan marker DPPH.	<i>Lb. plantarum</i> , <i>Leuconostoc sp.</i> , <i>Lb. casei</i>
<i>Biji Kakao</i>	Komponen fungsional turunan polifenol terbukti memiliki kemampuan protektif anti-kanker	Penggunaan kultur pemula meningkatkan kadar polifenol dan potensi aktivitas antioksidan dengan marker DPPH, serta mengurangi prevalensi cemaran jamur	<i>S. cerevisiae</i> , <i>Acetobacter aceti</i> , <i>Lb. plantarum</i> , <i>Gluconobacter oxydans</i>
<i>Telur' Ikan</i>	Probiotik/prebiotik dari kultur alami BAL	Peningkatan total BAL setelah penambahan kultur pemula. Peningkatan sifat fungsional lain perlu dikaji lebih lanjut.	Perlu diteliti lebih lanjut



Panjang Umur dengan Produk Fermentasi

Anton Rahmadi

Pendahuluan

Ribuan tahun yang silam, Chin Tse Quang Di, kaisar pertama yang berhasil mempersatukan China, memiliki obsesi untuk berumur panjang, kalau bisa kekal. Pencariannya terhadap *the elixir of life* rupanya belum sampai merambah ke produk-produk fermentasi seperti cokelat, susu fermentasi, tempe, hingga *fermented* VCO. Ia mengambil jalan yang keliru dengan mengkonsumsi merkuri (logam berat) yang pada akhirnya meracuni syaraf serta organ-organ tubuhnya. Lain halnya dengan penduduk kuno di Inca dan Maya, masyarakat eksklusif di pegunungan Tibet, penduduk Okinawa, Jepang, hingga sebagian kecil populasi Macedonia dan Sardinia, Italia yang rata-rata hidupnya mencapai 70-90 tahun (National Geographic Survey, 2005). Kesimpulan dari banyak penelitian menyebutkan bahwa kelompok-kelompok eksklusif ini banyak mengkonsumsi makanan terfermentasi, sehingga usia mereka pun dapat lebih panjang dibandingkan manusia pada umumnya. Wahyudi dan Samsudari dalam buku mereka Bugar dengan Susu Fermentasi (2008) menyebutkan bahwa usia hidup manusia modern sebenarnya dapat mencapai 120-140 tahun.

Apabila Quang Di tidak mengenal coklat, itu dikarenakan tanaman coklat saat itu hanya berada di hutan tropis Amerika Latin. Coklat tidak dikenal sebelum masa penjelajahan dan penjajahan. Adapun susu fermentasi lebih menjadi makanan tradisional di Timur Tengah bagian utara hingga ke kawasan kutub utara. Jepang pun mengenal produk tradisional ini, tetapi negeri ini berada di seberang lautan. Fermented VCO apalagi, tanaman kelapanya merupakan khas tropis yang tidak dapat dijangkau China saat itu.

Dari sisi nutritif, fermentasi berarti merubah struktur bahan pangan menjadi lebih mudah dicerna, mereduksi komponen yang bersifat allergen, anti nutritif ataupun susah dicerna, hingga menambahkan metabolit penting yang bersifat anti patogen, antioksidan hingga anti karsinogenik. Oleh karenanya, mengkonsumsi produk-produk fermentasi secara benar dapat meningkatkan kesehatan.

Kita beruntung hidup di era yang memungkinkan perdagangan dilakukan dengan seluruh penjuru dunia. Produk-produk fermentasi yang berkhasiat memanjangkan usia tersebut menjadi mudah karena pengaruh globalisasi tersebut.

Cokelat

Dahulu oleh warga Maya dan Inca dikenal sebagai makanan para dewa yang dipercaya memberikan kesehatan dan berkah. Tidak banyak yang menyadari bahwa tanpa fermentasi, cokelat tidaklah sehebat namanya saat ini. Proses fermentasi mengubah struktur cokelat menjadi lebih mudah dicerna, mengandung antioksidan dalam jumlah yang tinggi, serta memiliki sifat unik dari segi rasa, aroma, hingga kelembutan teksturnya. Telah banyak penelitian yang membuktikan bahwa *isoflavan* pada cokelat mampu meningkatkan vitalitas dan memerangi radikal-radikal bebas, cikal bakal timbulnya kanker. Cokelat digemari di seluruh dunia dan sejauh ini belum ditemukan adanya kasus alergi terhadap produk fermentasi ini.

Susu fermentasi

Sejak jaman purba, susu telah dikenal dan dikonsumsi manusia dari berbagai tingkat peradaban. Sayangnya, susu tidak dapat disimpan lama hingga satu ketika penemuan tidak disengaja untuk menyimpan susu dalam kondisi mikroaerobik dan hangat di dalam kantung kulit. Akibatnya susu terfermentasi secara alami menjadi yoghurt. Dalam kondisi yang cukup higienis, hangat, serta kadar oksigen sangat terbatas, susu diubah oleh bakteri maupun kapang menjadi produk fermentasinya, yang kemudian kita kenal dengan yoghurt, yakult, kefir, hingga yang berupa padatan seperti keju.

Riset terhadap susu fermentasi telah berusia ratusan tahun, diantaranya menyebutkan bahwa produk ini mampu meningkatkan vitalitas dan menjaga kesehatan bagi yang mengkonsumsinya. Ditinjau dari aspek perubahan

struktur kimiawi, kandungan laktosa turun, susu pun aman dikonsumsi oleh penderita *lactose intolerance*. Seperti halnya produk cokelat, bakteri yang bekerja juga menghasilkan metabolit-metabolit diantaranya bersifat antioksidan dan anti patogen. Penelitian yang dilakukan penulis di tahun 2001 menyimpulkan bahwa susu fermentasi mampu menurunkan populasi bakteri penyebab penyakit hingga 100 kali lipat. Adapula penelitian yang menyebutkan bahwa mengkonsumsi susu fermentasi dapat menurunkan kadar kolesterol dalam jumlah tertentu..

Tempe

Penulis ingat saat berada di sebuah forum di Australia. Ditanyakan: “berapa sering orang Indonesia di Australia yang makan tempe?” Satu jawaban unik terdengar “tidak sering, karena selain rasanya yang kurang gurih, juga karena harganya yang lebih mahal dari daging”. Tapi, tempe mudah ditemukan di Australia. Di belahan dunia lain, Asia Tenggara bagian utara, siapa nyana bahwa tempe merupakan makanan favorit para vegetarian. Produk asli Indonesia yang dipatenkan dimana-mana kecuali di Indonesia sendiri ini bahkan dikonsumsi mentah oleh sebagian masyarakat Australia dan Jepang.

Kandungan nutritif tempe telah berubah dari asalnya, kedelai. Unsur nutrisi yang bersifat antagonis direduksi pada saat perendaman kedelai, yang merupakan tahapan awal dalam pembuatan tempe. Produk tempe tradisional umumnya tidak hanya mengandung satu jenis jamur, melainkan kombinasi unik yang menyebabkan kualitas nutrisi tempe yang berbeda dengan produk tempe pabrikan. Salah satu keunggulan tempe tradisional adalah kandungan vitamin B12 yang tinggi. Tingkat pencernaan protein nabati asal tempe dikatakan berkali-kali lipat lebih baik dibandingkan hal yang sama dari kedelai. Singkat kata, peneliti di seluruh dunia mengenal tempe sebagai makanan sehat yang direkomendasikan untuk dikonsumsi.

Fermented VCO

Minyak kelapa murni (*virgin coconut oil*, VCO) sempat *booming* di Indonesia. Dikatakan, VCO mampu meringankan gejala beberapa penyakit seperti diabetes dan jantung, serta mencegah timbulnya penyakit-penyakit ringan seperti flu dan diare. Produksi VCO pada umumnya dilakukan dengan metode kimiawi ataupun mekanis. Sangat sedikit yang mencoba menjual produk hasil fermentasinya (*fermented VCO*). Padahal dari penelitian yang penulis lakukan di tahun 2006, *fermented VCO* memiliki kadar antibakteri yang lebih kuat 1-2 kali lipat dibanding VCO yang diproduksi dengan metode lainnya. Selain itu, kandungan asam lemak bebasnya sangat rendah, bahkan lebih rendah dibandingkan yang dipersyaratkan oleh standar VCO dunia. VCO biasa saja terbukti mampu menghambat mikroba patogen karena kandungan asam lemak rantai sedang yang bersifat toksik pada mikroba. Terlebih VCO hasil fermentasi yang mempunyai tambahan metabolit antibakteri dan antioksidan yang diproduksi oleh bakteri selama proses fermentasi turut menambah kualitas nutritif produk ini.

Selain yang disebutkan di atas, masih banyak produk fermentasi lainnya yang diklaim mampu meningkatkan vitalitas dan memperpanjang usia. Akan tetapi, ada asumsi penting terhadap produk-produk fermentasi ini: diproduksi secara benar dan higienis. Jumlah konsumsi pun perlu diatur sehingga seimbang. Mengutip perkataan redaksi *Food Review* tahun lalu; saat usia mencapai 50 tahun, maka setiap manusia telah mengkonsumsi makanan minimal 53.250 kali menu, berapa makanan sehat, kurang sehat, berbahaya yang telah masuk ke dalam tubuh kita? Oleh karena itu, menambahkan produk-produk fermentasi dalam diet harian kita adalah salah satu upaya menjaga kesehatan dan boleh jadi memanjangkan umur.



Isolasi Jamur Potensial Penghasil Mikotoksin Pada Produk Fermentasi Biji Kakao Kering asal Indonesia

Anton Rahmadi^{1*}, Graham, H. Fleet²

¹ PS Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda, INDONESIA; Email: arahmadi@unmul.ac.id

² Dept. Food Science dan Technology, the University of New South Wales, Sydney, AUSTRALIA

Dipublikasikan di Prosiding Seminar Nasional PATPI tahun 2007

Pendahuluan

Produksi biji kakao kering secara global mengalami peningkatan tahunan 6-10% sejak kurun 2001/2002 hingga 2005/2006 (ICCO, 2007). Saat ini, pasar kakao dunia berada pada kisaran 3,6 juta metrik ton dengan kontribusi Indonesia sebesar 13% dari total produksi (ICCO, 2007; UNCTAD, 2007a). Persentase tersebut menempatkan Indonesia sebagai produsen terbesar ketiga di dunia. Dalam perdagangan kakao, kualitas biji cokelat ditentukan salah satunya dengan kandungan jamur, dimana 3% adalah batas maksimal yang diperkenankan untuk grade I, dan maksimal 4% untuk grade II (Minifie, 1980). Standar perdagangan ini tidak berubah selama 25 tahun (Minifie, 1999; UNCTAD, 2007b). Lebih lanjut, CODEX Alimentarius (2001a, b, c) merilis tiga revisi standar perdagangan kakao, tetapi tidak menyentuh aspek kontaminasi jamur penghasil toksin ataupun metabolitnya.

Dalam berbagai penelitian (Galvez *et al*, 2006; Jespersen *et al*, 2005; Schwan dan Wheals, 2004; Ardhana dan Fleet, 2003; Schwan, 1998; Schwan *et al*, 1997) proses yang kompleks terjadi selama fermentasi biji cokelat, sehingga dimungkinkan tumbuhnya mikroorganisme yang tidak diinginkan seperti jamur penghasil toksin (Minifie, 1999). Kakao merupakan biji buah dari pohon cokelat, *Theobroma cacao* L, yang tumbuh baik di daerah tropis seperti Indonesia, Amerika Latin dan Afrika (Ardhana dan Fleet, 2003; Schwan dan Wheals, 2004; Nielsen *et al*, 2007). Biji dan pulp yang menutupinya dikeluarkan dari buah dan dijemur di atas plastik terpal, boks, ataupun papan. Fermentasi umumnya terjadi secara spontan dan dipengaruhi oleh mikroorganisme awal yang terdapat pada biji cokelat.

Umumnya mikroflora awal yang terdapat pada biji kakao adalah kapang dan bakteri asam laktat (Schwan dan Wheals, 2004; Jespersen *dkk*, 2005; Camu *dkk*, 2007a). Akan tetapi pada biji cokelat asal Indonesia, kamir juga berperan aktif dalam tahap awal proses fermentasinya (Ardhana dan Fleet, 2003). Proses fermentasi dibagi ke dalam dua kelompok besar, tahap awal (0-48 jam) dan tahap lanjut (48-120 jam). Pada tahap awal, beberapa jamur dite-

mukan tumbuh yaitu *Aspergillus versicolor*, *A. Wentii*, *Penicillium citrinum*, *P. purpogenum*, dan *P. ochrochloron* (Ardhana dan Fleet, 2003). Kamir-kamir ini bertahan pada konsentrasi antara 10^2 - 10^3 CFU.g⁻¹ yang kemudian menurun hingga tidak terdeteksi (< 100 CFU.g⁻¹) setelah 36 jam. Kamir-kamir ini dilaporkan juga memproduksi enzim-enzim untuk mendegradasi pektin (Ardhana dan Fleet, 2003).

Pada tahap lanjut (setelah 48 jam), tidak dilaporkan adanya pertumbuhan jamur hingga proses fermentasi selesai, melainkan didominasi oleh bakteri asam asetat. Selama proses pengeringan, aktifitas mikroorganisme masih terus berlangsung hingga membentuk karakter aroma, tekstur, dan warna yang spesifik (Ardhana dan Fleet, 2003; Nielsen *dkk*, 2007).

Seperti yang dikemukakan Minifie (1980), jamur tumbuh di produk biji kakao dan menurut Pitt dan Hocking (1997) hampir semua fungi memproduksi toksin, yang disebut mikotoksin. ICMSF (2005) melaporkan kemungkinan adanya aflatoksin dan okratoksin A di produk kakao, kacang-kacangan, dan sereal. Studi lanjut yang mengkonfirmasi pernyataan ini dilakukan oleh Tafuri *et al* (2004) dan Mounjouenpou *et al* (2007), sementara Batista *et al* (2003) melaporkan hal yang sama untuk produk kopi.

Proses kontaminasi jamur dari produk kering kakao dimungkinkan karena pengeringan tidak sempurna, dalam hal ini Minifie (1980) memberikan titik kritis kadar air pada level 8% dan rekomendasi 6-7%.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari mikroflora jamur potensial memproduksi mikotoksin pada produk biji coklat, sehingga diharapkan dapat meminimalkan perkembangannya untuk menghasilkan kakao dengan kualitas yang lebih baik.

Inokulasi langsung tanpa disinfeksi permukaan

Sembilan (9) genera kamir diisolasi dari sampel yang tidak didisinfeksi. Jamur-jamur ini meliputi *Aspergillus*, *Penicillium*, *Eurotium*, *Chaetomium*, *Stemphylium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Epicoccum*, dan *Mucor*. *Aspergillus* dan *Penicillium* merupakan genera yang mendominasi produk biji kakao kering asal Indonesia.

Spesies jamur yang paling sering ditemukan adalah *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. clavatus* dan *Penicillium citrinum*. Dalam genus *Aspergillus*, terdapat *A. flavus*, *A. niger*, *A. carbonarius*, *A. ochraceus*, serta dalam kategori yang kurang penting, *A. wentii*, merupakan jamur-jamur potensial penghasil mikotoksin. Spesies lain juga terdapat secara sporadis, yaitu *Stemphylium sp.*, *Chaetomium globosum*, dan *Fusarium spp.* Dalam jumlah yang relatif lebih sedikit dibanding spesies-spesies yang telah disebutkan sebelumnya. Sampel yang berasal dari Penajam, secara khusus, menunjukkan diversitas jamur yang paling tinggi dengan 10 spesies yang berbeda dalam lima genera. Akan tetapi, hanya enam spesies kamir dalam empat genera jamur yang berhasil diisolasi dari sampel yang berasal dari Sulawesi. Kapang tidak ditemukan pada semua sampel, kecuali pada biji kakao yang berasal dari Irian Jaya.

Inokulasi langsung dengan disinfeksi permukaan

Diversitas spesies jamur berhasil diisolasi dari biji-biji coklat yang telah didisinfeksi dengan klorin, dalam hal ini jumlah spesies yang berhasil diisolasi lebih sedikit bila dibandingkan dengan perlakuan sebelumnya. *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. wentii*, dan *A. clavatus* masih merupakan spesies utama yang berhasil diisolasi dari biji coklat. Sampel yang berasal dari Samarinda (Indonesia) memiliki spesies kamir terbanyak yang terdiri dari enam genera. *Eupenicillium cinnamopurporeum* dan *Epicocum nigrum* muncul setelah

perlakuan disinfeksi, namun tidak muncul dalam sampel dari lokasi yang sama tetapi tidak didisinfeksi. Sebaliknya, *Stemphylium sp.*, dan *Chaetomium globosum* tidak ditemukan pada sampel-sampel yang didisinfeksi.

Frekuensi isolasi kamir

Aspergillus flavus merupakan spesies dengan frekuensi paling sering diisolasi dari biji coklat, diikuti oleh *A. niger*, *A. clavatus*, dan *A. wentii*. Kemunculan *A. flavus* pada sampel yang berasal dari Penajam dan Malinau memiliki frekuensi 100%.

Aspergillus niger dominan pada sampel yang berasal dari Penajam dengan tingkat kemunculan 100% dari 10 biji kakao. Spesies *Aspergillus* yang lain, *A. clavatus*, ditemukan pada 10- biji coklat dari Malinau, sementara *A. wentii* juga ditemukan pada semua sampel yang berasal dari Penajam. Terdapat sembilan spesies *Aspergillus* dan teleomorf-nya diobservasi dari biji-biji coklat. Secara keseluruhan, spesies *Aspergillus* ditemukan dengan insiden terbanyak dari biji asal Penajam dengan 33 isolat. Sampel yang berasal dari Sulawesi dan Irian Jaya menunjukkan insiden terendah isolasi spesies *Aspergillus*.

Penicillium species juga merupakan kamir prominen pada biji-biji coklat. *Penicillium citrinum* merupakan isolat yang paling sering ditemukan, diikuti oleh *P. spinulosum*. Sampel yang berasal dari Malinau dan Irian Jaya merupakan sumber insiden tertinggi spesies *Penicillium*, dengan empat isolat berhasil ditemukan dari setiap lokasi tersebut.

Stemphylium sp. ditemukan dalam jumlah yang sedikit dari sampel yang berasal dari Malinau. *Epicoccum nigrum* juga berhasil dideteksi dari sampel yang berasal dari Sulawesi.

Disinfeksi pada permukaan biji coklat menggunakan klorin merubah mikroflora jamur yang diisolasi, dimana penurunan jenis dan frekuensi kamir

pada sampel-sampel juga terjadi. Sebagai contoh, pada 10 sampel biji kakao dari Malinau, semuanya menunjukkan pertumbuhan *A. flavus*. *A. flavus* tidak terdeteksi pada sampel yang didisinfeksi. Total isolat *Aspergillus* dari semua sampel turun dari 90 ke 31 isolat (65,6% reduksi), sementara jumlah isolat *Penicillium* juga menurun sebanyak empat (4) isolat (36,4%).

Pada biji kakao dengan perlakuan disinfeksi *flavus*, *Aspergillus flavus* tetap mendominasi mikroflora biji kakao dibandingkan spesies *Aspergillus* lainnya. Spesies *Aspergillus* yang penting lainnya adalah *A. niger* bersama dengan *A. wentii* dan *A. clavatus*.

Spesies *Penicillium* juga dipengaruhi perlakuan dengan klorin. Hanya dua isolat, *P. spinolosum* dan *P. citrinum* yang ditemukan. *Mucor pyriformis* dapat dihambat pertumbuhannya.. Sebaliknya, perlakuan disinfeksi memberikan keuntungan untuk spesies yang kurang kompetitif seperti *Eupenicillium cinnamopurpureum* untuk dapat berkembang.

Populasi jamur

Jamur dengan populasi tertinggi diperoleh pada sampel yang berasal dari Penajam dengan jumlah $2,1 \times 10^6$ dan $7,2 \times 10^6$ CFU.g⁻¹ on DRBC dan DG-18, secara berurutan. Sampel yang berasal dari Samarinda memberikan populasi tertinggi kedua dengan $2,0 \times 10^5$ CFU.g⁻¹ pada kedua media agar. Populasi terendah didapatkan dari sampel yang berasal dari Irian Jaya dengan angka 100 CFU.g⁻¹, sementara sampel yang berasal dari Sulawesi memiliki populasi kamir sedikit lebih banyak dibandingkan pada sampel yang asalnya dari Irian.

Jamur berfilamen yang diisolasi dari biji-biji coklat terfermentasi dan telah dikeringkan adalah *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. wentii*, *A. clavatus*, *A. fumigatus*, *A. ochraceus*, *A. carbonarius*, *A. versicolor*. *Eurotium chevaleri*, *Penicillium citrinum*, *P. spinolosum*, *P. corylophilum*, *Eupenicillium cinnamopurpureum*, *Mucor pyriformis*, *Stemphylium sp.*, *Chaetomium globosum*, *Epicoccum*

nigrum, *Fusarium sp.*, dan *Geotrichum candidum*. Beberapa spesies penting, utamanya dalam genera *Aspergillus* dan *Penicillium*, juga dilaporkan dalam riset-riset sebelumnya (Hansen dan Welty, 1970; Ogundero, 1983; Ardhana dan Fleet, 2003; Schwan dan Wheals, 2004; Camu dkk, 2007a). Akan tetapi, *Eupenicillium cinnamopurpureum*, *Stemphylium sp.*, dan *Chaetomium globosum*, yang ditemukan secara sporadis pada biji kakao yang didisinfeksi, belum pernah diasosiasikan sebagai kontaminan pada produk kakao sebelumnya. Spesies ini dikenal sebagai jamur tanah dan udara (Williams dkk, 2006).

Pada penyimpanan dalam waktu yang lama, produk pertanian kering dapat terinfeksi oleh *Aspergillus niger* dan *Eurotium sp.* (ICMSF, 2005; Pitt, 2006). Hasil-hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *Aspergillus niger* merupakan spesies dengan frekuensi paling sering kedua yang berhasil diisolasi dari biji kakao yang tidak didisinfeksi. *Eurotium chevaleri* dapat ditemukan pada sampel biji cokelat asal Penajam

Kamir diisolasi dari 15 biji kakao untuk tiap-tiap lokasi. Biji cokelat tersebut telah diperlakukan atau tidak diperlakukan dengan klorin sebelumnya sebagai bagian dari metode disinfeksi permukaan sebelum disimpan di atas cawan yang berisi agar DRBC atau DG-18 (Batista dkk, 2003). Penggunaan klorin ditujukan untuk menghilangkan kontaminasi pada permukaan produk-produk pertanian, yang berguna untuk mendapatkan gambaran infeksi jamur dalam produk-produk tersebut. (Hocking dkk, 1997; Pitt dan Hocking, 1997). Akan tetapi, larutan antiseptik juga dapat meresap ke dalam daging biji (*cotyledon*), sehingga spora jamur yang mungkin terdapat di dalamnya turut tidak aktif dan percobaan menghasilkan kesalahan *false negative* (Pitt dan Hocking, 1997).

Hasil-hasil pada inokulasi langsung menunjukkan bahwa perlakuan disinfeksi dengan klorin menurunkan diversitas spesies jamur yang diisolasi dari produk kakao. Batista *et al* (2003) melaporkan reduksi sebanyak 52% terhadap diversitas kamir pada produk kopi yang didisinfeksi dan yang tidak didisinfeksi. Hasil yang serupa dilaporkan pada penelitian ini, dimana

pada frekuensi kemunculan spesies *Aspergillus* dan *Penicillium* species di biji kakao mampu bertahan, secara berurutan, pada 34,4% dan 63,6% untuk biji cokelat yang didisinfeksi dibandingkan dengan biji cokelat yang tidak didisinfeksi

Hasil ini memberikan saran bahwa kontaminasi permukaan merupakan sumber utama populasi jamur dalam biji kakao kering terfermentasi. Walaupun demikian, beberapa spesies *Aspergillus*, seperti *A. flavus*, *A. niger*, dan *A. wentii*, mampu menginvasi inti (*kernel*) dari biji-bijian saat masih dalam tahap pematangan buah (Lie, 2007; ICMSF, 2005).

Secara umum, dari semua sampel yang diujikan, spesies *Aspergillus* ditemukan dalam populasi yang lebih banyak bila dibandingkan dengan spesies *Penicillium*. Untuk dapat berkembang, *Aspergillus* memerlukan temperatur yang lebih tinggi, tetapi mampu beradaptasi pada a_w (*water activity*) yang lebih rendah bila dibandingkan dengan *Penicillium*, dan spesies *Aspergillus* juga berkembang lebih cepat (Hocking, 2006). Genus ini, sekalipun memerlukan waktu yang lebih lama dan intensitas cahaya yang lebih untuk membentuk spora, tetapi juga memproduksi spora yang lebih banyak sekaligus lebih tahan terhadap bahan-bahan kimia (Hocking, 2006; Pitt, 2006).

Populasi kamir terbanyak yang didapatkan pada sampel yang berasal dari Penajam, dengan total populasi berkisar $2,1 \times 10^6$ dan $7,2 \times 10^6$ CFU.g⁻¹, secara berurutan pada medium DRBC dan DG-18.. Semua sampel yang diperoleh di bulan Juli 2007 memiliki populasi fungi berkisar pada $2,3 \times 10^4$ hingga $7,2 \times 10^6$ CFU.g⁻¹.

Sampel dari Penajam dan Samarinda memberikan populasi kamir terbanyak baik yang diamati pada media DRBC maupun DG-18. Total jamur yang diperoleh dari kedua media berbeda sedikit namun tidak signifikan. Fakta ini memberikan ide bahwa jamur-jamur yang tumbuh pada biji kakao toleran pada kondisi a_w yang rendah serta telah beradaptasi dengan kondisi kering pada biji cokelat. Menurut ICMSF (2005), kandungan kadar air minimal untuk pertumbuhan jamur serofilik adalah 13.5%. Kadar air da-

pat meningkat saat transportasi produk dari daerah tropis ke negara-negara beriklim lebih dingin (Sharp, 1979).

Kesimpulan

Aspergillus dan *Penicillium* merupakan genera utama jamur yang diisolasi pada produk kakao. Spesies utama yang diisolasi adalah *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. clavatus*, *A. wentii*, *Penicillium citrinum* dan *P. spinolosum*. Frekuensi kemunculan dari *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus niger* dapat mencapai 100% pada beberapa sampel. Populasi jamur pada produk kakao segar asal Indonesia berkisar $2,3 \times 10^4 - 7,2 \times 10^6$ CFU.g⁻¹.

Perlakuan klorin mempengaruhi diversitas jamur yang diisolasi, juga frekuensi isolasinya pada produk kakao. Kemunculan spesies *Aspergillus* dan *Penicillium* dari jamur pada biji cokelat dengan disinfeksi permukaan adalah 65,6% dan 36,4% lebih sedikit dibandingkan pada produk kakao tanpa disinfeksi.

Penelitian ini mendemonstrasikan adanya jamur potensial penghasil mikotoksin pada produk biji cokelat kering asal Indonesia yang berkorelasi terhadap ditemukannya mikotoksin pada produk kakao, terutama Ochratoxin A. Riset lebih lanjut dibutuhkan untuk mempelajari pertumbuhan spesies-spesies jamur ini pada biji cokelat, dan kondisi-kondisi yang menunjang produksi mikotoksin oleh kamir-kamir tersebut.

Ucapan terima kasih

Terima kasih disampaikan kepada Pemerintah Indonesia c.q. Dirjen Dikti dan Pemerintah Australia melalui AusAID.

Pustaka

- Ardhana, M.M. dan Fleet, G.H.. 2003. *The microbial ecology of cocoa bean fermentations in Indonesia*. International J. Food Microbiology, 86: 87-99.
- Batista, L.R., Chalfoun, S.M., Prado, G. , Schwan, R.F, dan Wheals, A.E.. 2003. *Toxigenic fungi with processed (green) coffee beans (Coffee arabica L.)*. International J. Food Microbiology 85(3): 293-300.
- CODEX. 2001a. *Standard for Cocoa Butter*. Codex Alimentarius. [online at] http://www.codexalimentarius.net/download/standards/66/CXS_086e.pdf [1 Oktober 2007].
- CODEX. 2001b. *Standard for Cocoa powders (cocoas) dan dry mixtures of cocoa and sugars*. Codex Alimentarius. http://www.codexalimentarius.net/download/standards/68/CXS_105e.pdf [1 Oktober 2007].
- CODEX. 2001c. *Standard for Cocoa (cacao) Mass (cocoa/chocolate liquor) and cocoa cake*. Codex Alimentarius. [online at] http://www.codexalimentarius.net/download/standards/69/CXS_141e.pdf [1 Oktober 2007].
- Camu, N., Winter, T. D. , Verbrugghe, K., Cleenwerck, I. , Vandamme, P. , Takrama, J. S., Vacanneyt, M., dan Vuyst. L. D. 2007a. *Dynamics dan biodiversity of populations of lactic acid bacteria dan acetic acid bacteria involved in spontaneous heap fermentation of cocoa beans in Ghana*. Applied and Environmental Microbiology 73: 1809-1824.
- Camu, N. A., Gonzalez, A., De-Winter, T. Van-Schoor, A. , De-Bruyne, K. , Vandamme, P. , Takrama, J. S. , Addo, S. K. , dan De-Vuyst, L. 2007b. *Influence of turning dan environmental contamination on the dynamics of lactic acid bacteria and acetic acid bacteria populations involved in spontaneous cocoa bean heap fermentation in Ghana*. Applied and Environmental Microbiology in press.

- Galvez, S.L., Loiseau, G. , Paredes, J.L. , Barel, M. , dan Guiraud, J.P. 2007. *Study on microflora and biochemistry of cocoa fermentation in the Dominican Republic*. International J. Food Microbiology, 114: 124-130.
- Hansen, A. P. and Welty, R. E. 1970. *Microflora of raw cocoa beans*. Mycopathologia Mycologia Applicata **44**: 309-316.
- Hocking, A.D., *Aspergillus and Related Teleomorphs*. Di dalam C.W. Blackburn, Editor. 2006. *Food Spoilage Microorganisms*. CRC Press, Woodhead, UK. p. 451-477.
- Hocking, A.D., Arnold, G. , Jenson, I. , Newton, K. , dan Sutherland, P. 1997. *Foodborne Microorganisms of Public Health Significance*. 5th ed. AIFST (NSW Branch) Food Microbiology Group., Australia.
- ICCO. 2007. Annual Report. 2005/2006 ed. *The International Cocoa Organization*, London, UK.
- ICMSF. 2005. *Microbial Ecology of Food Commodities*. 2nd ed. *Microorganisms in Food*, ed. 6. Chapman & Hall, UK.
- Ingold, C. T. dan Hudson, H. J. 1993. *The biology of fungi*. Ed: 6th. Chapman & Hall, UK.
- Jespersen, L., Nielsen, D. S. , Henholt, S. dan Jakobsen, M.. 2005. *Occurrence and diversity of yeasts involved in fermentation of West African cocoa beans*. FEMS Yeast Research 5: 441-453.
- Lie, L. V. 2007. *Biocontrol of mycotoxigenic fungi in cocoa bean production by yeast*. Honours thesis (unpublished). Chemical Sciences and Engineering the University of New South Wales, Sydney.
- Mounjouenpou, P., Gueule, D. , Fontana-Tachon, A., Guyot, B., Tondje, P. R., dan Guiraud, J. P. 2007. *Filamentous fungi producing ochratoxin A during cocoa processing in Camerron*. International J. Food Microbiology in press.

- Minifie, B.W. 1980. *Chocolate, cocoa, and confectionery*, ed. 2nd. AVI Publishing, Connecticut
- Minifie, B.W. 1999. *Chocolate, cocoa, and confectionery*, ed. 3rd. AVI Publishing, Connecticut
- Nielsen, D. S., Teniola, O. D. , Ban-Koffi, L., Owusu, M. , Andersson, T. S., dan Holzapfel, W. H.. 2007. *The microbiology of Ghanaian cocoa fermentations analyzed using culture-dependent and culture-independent methods*. International J. Food Microbiology **114**: 168-186.
- Ogundero, V. 1983. *Thermophilic fungi and fermenting cocoa beans in Nigeria*. Mycopathologia **82**: 159-165.
- Pitt, J. I. 2006. *Penicillium and related genera*. Di dalam: C. W. Blackburn. *Food Spoilage Microorganisms*: 437-450. CRC Press, Woodhead, UK.
- Pitt, J.I. dan Hocking, A.D.. 1997. *Fungi and Food Spoilage*. 2nd ed. Blackie Academic & International, Australia
- Rahmadi, A. 2008. *The occurrence of mycotoxigenic moulds in cocoa beans from Indonesia, Solomon Islands, dan Queensland, Australia*. Master thesis (unpublished). Chemical Sciences and Engineering. the University of New South Wales, Sydney.
- Schwan, R. F. 1998. *Cocoa fermentations conducted with a define cocktail inoculum*. Applied and Environmental Microbiology **64**: 1477-1483.
- Schwan, R F, Wheals, A.F. 2004. *The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality*. Critical Review in Food Science and Nutrition, 44, p. 205-221.
- Schwan, R.F., Cooper, R.M., dan Wheals, A.E. 1997. *Endopolygalacturonase secretion by Kluyveromyces marxianus and other cocoa pulp-degrading yeasts*. Enzyme and Microbiol Technology, 21, p. 234-244.

- Tafari, A., Ferracane, R., dan Ritieni, A. 2004. *Ochratoxin A in Italian marketed cocoa products*. Food Chemistry, 88: 487-494.
- UNCTAD. 2007a. *Production, Cocoa Market*. United Nations Conference on Trade dan Development. <http://www.unctad.org/infocomm/anglais/cocoa/market.htm> [6 Oktober 2007].
- UNCTAD. 2007b. *Cocoa Quality*. United Nations Conference on Trade and Development. <http://www.unctad.org/infocomm/anglais/cocoa/quality.htm> [4 Oktober 2007].
- Williams, A. P., Williams and Neaves. 2006. *Other type of spoilage moulds*. Di dalam: C. W. Blackburn. Food Spoilage Microorganisms: 488-503. CRC Press, Woodhead, UK.



Tinjauan Keamanan Komoditas Kakao

Anton Rahmadi

Dipublikasikan di Majalah FoodReview Tahun 2010

Pendahuluan

Sekalipun Indonesia menjadi produsen kakao terbesar ketiga di dunia, kualitas dan kuantitas ekspor kakao nusantara diklaim terus menurun sejak beberapa tahun terakhir (Republika, 20 Oktober 2008). Instabilitas harga kakao di pasar dunia, merupakan salah satu permasalahan yang sering dijadikan tumbal untuk komoditas ini.

Akan tetapi, kita sering lupa bila kualitas juga menentukan harga. Tidak sedikit produk kakao asal Indonesia yang mengalami *automatic detention* di negara-negara tujuan ekspor, utamanya Eropa dan Amerika. Dari sudut pandang kualitas, kita harus mengakui bahwa terdapat masalah-masalah mendasar yang perlu dibenahi untuk komoditas kakao nusantara.

Biji kakao yang baik, menurut standar perdagangan dunia adalah yang terfermentasi sempurna, berbau khas kakao, tidak mengandung kotoran fisik, serangga, dan jamur. Batas toleransi *off-grade* yang diperkenankan kurang dari 3% dari bobot keseluruhan.

Berdasarkan pengamatan dan berbagai hasil penelitian kakao di Indonesia maupun dunia, permasalahan kualitas biji kakao dapat dibagi ke dalam beberapa golongan besar yaitu pemalsuan mutu (adulterasi), residu pestisida dan logam berat, bakteri enteropatogen dan salmonela, jamur dan mikotoksin, serta isu terbaru senyawa *advanced glycation ends* (AGE) sebagai produk samping proses penyangraian (*roasting*).

Keamanan fisik

Adulterasi merupakan problem utama komoditas kakao di Indonesia. Cangkang kosong kakao, potongan ranting halus, serta butiran halus tanah dan batu sering ditemukan sebagai adulteran. Praktik pemalsuan mutu umumnya terjadi ditingkat petani dan pengumpul yang menginginkan peningkatan berat akhir produknya. Di Indonesia, sepertinya belum terdapat

data kuantifikasi adulterasi produk kakao dari petani, pengumpul, hingga pedagang besar.

Keamanan kimia

Residu pestisida dalam produk kakao utamanya terjadi di perkebunan monokultur skala besar. Namun, tidak tertutup kemungkinan perkebunan kakao di Indonesia juga menggunakan pestisida dalam jumlah besar untuk mengatasi serangan *vascular streak dieback* (VSD) dan *cocoa pod borer* (CPB). Sekalipun biji kakao tidak terpapar pestisida secara langsung, residunya akan mengendap di permukaan tanah. Biji kakao akan tercemar pestisida saat proses fermentasi kakao yang umumnya dilakukan di atas permukaan tanah beralas terpal.

Perkebunan kakao yang terletak di daerah pertambangan, contohnya di Kalimantan Timur, akan rentan tercemar logam berat yang terkumpul di tanah, udara, dan air dalam. Sebuah studi di Kanada memaparkan bahwa cangkang kakao dapat menjadi penyerap logam berat yang sangat efisien dalam kondisi asam (fermentasi). Ini membuktikan bahwa ada potensi bahaya kandungan logam berat yang dapat muncul apabila proses fermentasi kakao dilakukan di lingkungan perkebunan yang tercemar.

Keamanan mikrobiologi

ICMSF (2005) menjadikan *Salmonella* dan bakteri enteropatogenik sebagai fokus utama keamanan mikrobiologis produk kakao baik biji, bubuk, hingga olahan (coklat batangan). *Salmonella* yang bertahan hidup umumnya dari strain tahan asam dengan memanfaatkan gula, protein dan lemak di dalam biji kakao. Dikarenakan agresivitasnya, *Salmonella* termasuk bakteri yang sangat berbahaya dengan dosis infeksi yang sangat rendah. Standar keberadaan *Salmonella* dalam produk kakao adalah tidak terdeteksi dalam 25 g sampel. Sementara itu, bakteri enteropatogenik mengkontaminasi dan mampu bertahan hidup sejak proses awal pasca panen. Tangan pekerja, alat

dan tanah yang tercemar adalah sumber utama penyebaran bakteri ini di produk kakao (Da Silva do Nascimento, et al, 2009).

Dalam penelitian kami (Rahmadi dan Fleet, 2007), populasi jamur pada produk biji kakao kering asal Indonesia selepas fermentasi dan pengeringan di bawah sinar matahari berkisar antara 2×10^4 hingga 7×10^6 koloni per gram sampel. Diantara puluhan spesies jamur yang berhasil diisolasi, *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus niger* mendominasi mikroflora pada biji kakao kering tersebut. Sekitar setengah dari strain-strain *Aspergillus flavus* diketahui dapat memproduksi Aflatoksin, sementara *Aspergillus niger* saat ini diketahui dapat pula memproduksi Okratoksin A. Beberapa publikasi di tahun 2003 hingga 2007 menyebutkan tingkat kontaminasi mikotoksin di produk biji kakao dapat mencapai $4 \mu\text{g}/\text{kg}$ produk, sedikit dibawah ambang batas yang ditetapkan oleh komisi perdagangan Eropa untuk produk pangan secara umum, $5 \mu\text{g}/\text{kg}$.

Mikotoksin dalam semua produk pangan terutama biji-bijian dan polong-polongan menjadi topik hangat di beberapa tahun terakhir ini, mengingat stabilitasnya dalam pengolahan dan kemampuannya menginduksi penyakit degeneratif seperti kanker hati dan Alzheimer's disease. Komisi perdagangan Eropa telah beberapa kali mencoba membahas batas maksimum kontaminasi mikotoksin pada produk kakao, dan sangat mungkin standar tersebut akan diterapkan dalam waktu dekat untuk semua biji kakao impor, termasuk dari Indonesia.

GFP untuk kakao kualitas prima

Mengingat produksi komoditas kakao kita yang masih mengalami banyak kendala kualitas, agaknya kita perlu melakukan upaya-upaya realistis lebih dari sekedar seminar dan simposium. Permasalahan-permasalahan tersebut secara umum dapat diatasi dengan penerapan pertanian kakao yang baik (*Good Farming Practises*), sekalipun di tataran operasionalnya cukup merepotkan namun tetap mungkin dilakukan.

Proses menghasilkan biji kakao yang baik dimulai dari tahapan paling awal, perkebunan kakao. Buah kakao yang diproduksi dari bibit unggul bersertifikat dan kebun yang terawat merupakan jaminan awal dari kualitas komoditas ini. Dari aspek pasca panen, kualitas prima biji kakao ditentukan dari tiga aspek, buah kakao yang sehat, fermentasi yang sukses, serta pengeringan yang cepat dan tepat.

Dalam banyak praktik pematangan buah kakao, setiap buah dilindungi dengan kantong plastik untuk mencegah terjangkitnya penyakit dan serangan hama. Penyakit pada buah kakao umumnya cepat menular antar buah, sehingga penyiangan buah kakao menjadi hal rutin yang harus dilakukan. Kombinasi penyiangan dan pembungkusan buah kakao juga akan menurunkan penggunaan pestisida di perkebunan kakao. Selanjutnya, buah kakao harus dipanen tepat waktu dan biji kakao segera dikeluarkan dari buahnya.

Biji kakao yang masih terselubung pulp umumnya difermentasi secara spontan selama kurang lebih satu minggu, baik di dalam boks ataupun di atas terpal. Proses fermentasi dimulai dengan pertumbuhan kamir penghasil etanol seperti *S. cerevisiae* dan *Kloeckera sp.* Etanol merupakan sumber makanan prima untuk golongan bakteri penghasil asam cuka, *Acetobacter*, yang mendominasi tahapan fermentasi selanjutnya. Tahapan ini ditandai dengan peningkatan suhu, dimana kombinasi suhu hangat dan konsentrasi asam cuka yang tinggi akan mematikan lembaga kakao. Aroma kakao terbentuk sebagai akibat pemecahan komponen-komponen kompleks dengan bantuan enzim-enzim hasil sekresi banyak spesies bakteri dan kamir. Menjelang akhir proses fermentasi, bakteri penghasil spora dan jamur berfilamen (kapang) sering terlihat muncul dan pada umumnya tidak disukai, karena beberapa diantaranya dapat memproduksi toksin.

Titik kritis fermentasi adalah pada flora awal yang diusahakan sedapat mungkin minim cemaran bakteri patogen dan jamur penghasil toksin. Fermentasi induktif dengan bantuan kultur campuran sangat dianjurkan untuk menghasilkan produk yang cenderung seragam serta menurunkan jumlah mikroorganisme yang tidak diinginkan.

Fermentasi yang sukses ditandai dengan warna di dalam biji kakao yang berubah dari ungu menjadi coklat, memiliki aroma kakao yang khas, serta biji tampak bersih dan tidak lengket. Banyak yang menganjurkan agar setelah proses fermentasi usai, biji kakao dicuci setengah bersih untuk membuang spora-spora bakteri dan jamur yang berada di permukaan. Pencucian setengah bersih akan mereduksi jumlah mikroorganisme sampai pada jumlah yang dianggap masih cukup untuk membantu pembentukan aroma selama proses pengeringan.

Pengeringan biji kakao yang paling baik adalah dibawah suhu 60°C dengan mesin pengering atau di bawah terik sinar matahari. Pengeringan harus berlangsung cukup cepat untuk mencegah pertumbuhan jamur dan bakteri penghasil spora. Spora jamur dan bakteri yang sudah ada tidak akan mati pada proses-proses pengolahan biji kakao selanjutnya. Titik kritis pengeringan adalah pada suhu pengeringan yang tidak melebihi 60°C, lama waktu pengeringan yang tidak melebihi tiga hari jika di bawah terik sinar matahari atau 18-24 jam jika menggunakan mesin pengering, serta kadar air akhir produk sekitar 6-8%.

Biji kakao bersifat sangat higroskopis (menyerap uap air), sehingga proses pengangkutan dan penyimpanan yang tepat di tingkat petani, pengumpul dan pedagang besar menjadi penting. Biji kakao perlu dijaga dari lingkungan yang lembab dan sedapat mungkin dengan cepat diolah menjadi produk bubuk ataupun *cocoa butter*. Titik kritis kadar air yang disarankan untuk mencegah proliferasi jamur dan bakteri patogen pada biji kakao kering adalah 6-8%. Untuk mencegah kelembaban yang tinggi dan kontaminasi, karung yang digunakan harus bersih, bukan merupakan bekas pestisida atau pupuk, dan memiliki pori-pori untuk keluar masuk udara.

Kakao yang terfermentasi sempurna, sedikit cemaran serangga dan jamur dengan sendirinya akan bernilai tinggi. Kakao yang berkualitas tidak butuh pemalsuan mutu. Banyak negara memberikan subsidi di tingkat petani untuk menjaga kualitas produk pertaniannya, termasuk kakao. Peranan aktif Asosiasi Petani Kakao dan kerjasama dengan perusahaan pengolah kakao

menjadi faktor penting dalam mencegah adulterasi pada komoditas biji kakao. Faktor panjangnya rantai perjalanan produk kakao dari petani hingga ke perusahaan pengolah juga perlu mendapat perhatian dan perbaikan regulasi dari pemerintah.

Penetapan proses pertanian yang diamati

Rahmadi dan Fleet (2008) serta Ardhana dan Fleet (2003) telah melakukan kajian terhadap tahapan-tahapan dalam proses pertanian kakao tradisional di Indonesia. Hasil kajian tersebut menjadi basis dasar bagan alir proses pasca-panen yang digunakan dalam makalah ini, sesuai dengan prinsip pertama dalam HACCP (mendefinisikan produk, proses, dan bahan-bahan yang terlibat dalam proses).

Analisis bahaya pada setiap tahapan proses pertanian

Analisis terhadap bahaya mikrobiologi, kimia, dan fisik dilakukan mengacu pada prinsip ke-2 (penetapan titik kontrol kritis) HACCP, disesuaikan dengan pengetahuan tentang proses pertanian kakao (Rahmadi dan Fleet, 2008; Schwan dan Wheals, 2004; Ardhana dan Fleet, 2003)

Penetapan batas titik kontrol kritis dalam proses fermentasi kakao

Batas kritis ditentukan berdasarkan studi literatur terhadap sifat dan karakteristik bahaya yang ditemukan dalam analisis bahaya. Penetapan batas kritis dilakukan mengacu pada prinsip ke-3 dalam HACCP.

Penetapan tindakan korektif

Tindakan korektif ditentukan berdasarkan studi literatur dan praktik umum pertanian kakao masyarakat. Penetapan tindakan korektif dilakukan mengacu pada prinsip ke-4 dalam HACCP.



Gambar 1. Penetapan proses pertanian, pasca-panen dan titik control kritis pada pertanian kakao masyarakat.

Trend keamanan terbaru: AGE

Perkembangan teknologi dan karakterisasi molekul-molekul kimiawi membawa banyak hal baru yang dapat meningkatkan kualitas hidup manusia. Salah satu contoh yang paling baru dan mengejutkan adalah pengaruh molekul-molekul sederhana sebagai *byproduct* pengolahan pangan terhadap kesehatan.

Advanced glycation ends (AGE) adalah produk turunan hasil interaksi gula dengan protein, asam amino, atau lemak. Satu dari seratus molekul AGE memiliki peluang membentuk ligan yang mampu memproliferasi sel menjadi sel kanker, meningkatkan stress oksidatif di dalam sel, menyebabkan inflamasi dan memicu penuan dini. Sampai saat ini, AGE telah dibuktikan sebagai salah satu penyebab penyakit aterosklerosis, diabetes, gagal ginjal, dan degenerasi sel otak (Goldberg et al, 2004).

AGE sebenarnya diproduksi dalam tubuh dan berguna sebagai salah satu alat komunikasi interselular. Akan tetapi, molekul peptida sederhana ini juga terdapat dalam jumlah yang signifikan pada produk pangan, utamanya pangan yang diolah dengan panas pada suhu tinggi. AGE juga menjadi produk samping dalam reaksi Maillard yang umumnya terjadi pada tahap akhir fermentasi biji kakao.

Aktivitas sel yang terinduksi AGE asal cokelat batangan dapat meningkat tiga hingga empat kali lipat (Gawlowksi et al, 2009). AGE dalam produk cokelat dapat berasal dari dua proses utama, fermentasi yang melibatkan pencoklatan non-enzimatis dan proses penyangraian. Dalam kedua tahapan ini, protein dan asam amino bebas akan mengalami destruksi dan degradasi, sebagian diantaranya berinteraksi dengan gula sederhana untuk membentuk AGE. Padahal, dua proses ini adalah yang krusial dalam menghasilkan aroma cokelat. Fermentasi menurunkan kadar astrigeny yang disebabkan tingginya polifenol, memecah molekul-molekul kompleks menjadi prekursor aromatik. Penyangraian akan memperkuat aroma, merubah sebagian besar prekursor aromatik menjadi pyrazine.

Beruntung cokelat memiliki kadar polifenol yang cukup tinggi dan bersifat aktif, sehingga kadar AGE pada penyangraian biji kakao tidak setinggi AGE pada penyangraian kacang-kacangan. Akan tetapi, diperlukan juga upaya perbaikan dalam proses pengolahan kakao utamanya dalam proses penyangraian. Untuk mengurangi potensi pembentukan AGE, biji kakao harus disangrai pada suhu dan waktu yang tepat. Biji kakao yang gosong atau terlalu lama terkena proses panas cenderung memiliki kadar AGE yang lebih tinggi.

Penutup

Seiring meningkatnya kualitas hidup manusia, tuntutan akan produk yang aman juga meningkat. Cokelat sebagai makanan dan bahan baku pangan yang populer di dunia juga tidak lepas dari tuntutan tersebut. Penerapan *good farming practises* dan proses pengolahan yang terus disempurnakan adalah sebuah keharusan dalam upaya meningkatkan keamanan komoditas kakao dan turunannya. Indonesia, sebagai bagian dari komunitas global dan produsen kakao terbesar ketiga di dunia, tentunya tidak luput menjadi sasaran peningkatan kualitas komoditas ini.

Referensi

- Republika. 2008. Kakao Indonesia banyak terkontaminasi sampah. http://www.republika.co.id/berita/8948/Kakao_Indonesia_Banyak_Terkontaminasi_Sampah [4 November 2009].
- Da Silva do Nascimento, Maristela., Neusely da Silva, Ivone Francisca da Silva, Juliana de Cássia da Silva, Érika Reolon Marques and Aline Regina Barbosa Santos. 2009. Enteropathogens in cocoa pre-processing. *Food Control*, article in press <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.06.015>. [4 November 2009].
- Rahmadi, Anton & Graham H Fleet. 2008. The Occurrence of Mycotoxigenic Fungi in Cocoa Beans From Indonesia and Queensland, Australia.

Proceeding of International Seminar on Food Science, University of Soegiyapranata, Semarang INDONESIA (FMB-10).

ICMSF. 2005. *Microbial Ecology of Food Commodities* Ed: 2nd. Chapman & Hall.

Gawlowski, Thomas., Bernd Stratmann, Ruth Ruetter, Christina E. Buenting, Barbara Menart, Juergen Weiss, Helen Vlassara, Theodor Koschinsky, Diethelm Tschoepe. 2009. Advanced glycation end products strongly activate platelets. *Eur J Nutr.* DOI 10.1007/s00394-009-0038-6.

Goldberg; Teresia., Weijing Cai, Melpomeni Peppas, Veronique Dardaine, Bantwal Suresh Baliga, Jaime Uribarri, Helen Vlassara. 2004. Advanced Glycoxidation End Products in Commonly Consumed Foods. *Journal of The American Dietetic Association* 104(8):1287-1291.

Tabel 1. Analisis dan tindakan pencegahan atau korektif pada titik kontrol kritis di tahapan-tahapan pertanian kakao masyarakat

Tahapan	Analisis Bahaya	Titik kritis	Tindakan Pencegahan/Korektif
<ul style="list-style-type: none"> • Pematangan buah di pohon 	<ul style="list-style-type: none"> • Jamur invasif • Busuk buah • Infestasi serangga 	<ul style="list-style-type: none"> • Keutuhan tempurung buah 	<ul style="list-style-type: none"> • Pembungkusan buah • Pembungkusan buah rusak dengan segera
<ul style="list-style-type: none"> • Pengeluaran biji buah 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontaminasi awal jamur 	<ul style="list-style-type: none"> • Kebersihan tangan pekerja • Kebersihan wadah dan alat 	<ul style="list-style-type: none"> • Pencucian tangan pekerja • Pencucian alat dengan sanitiser
<ul style="list-style-type: none"> • Fermentasi (metode <i>heap</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Jamur berkembang • Fermentasi tidak sempurna • Unggas 	<ul style="list-style-type: none"> • Suhu fermentasi 45-50°C • Pembalikan secara periodik 	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan kultur starter cam-puran • Pencucian tempat fermentasi • Membuang biji kako terkontaminasi jamur
<ul style="list-style-type: none"> • Pengeringan (sinar matahari) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontaminasi fisik • Jamur berkembang • Unggas • Infestasi serangga 	<ul style="list-style-type: none"> • Kelembaban udara • Tidak lebih dari 2 hari • Kebersihan tempat pengering • Kadar air (K.A) 6-8% 	<ul style="list-style-type: none"> • Menghindari rehidrasi (hujan, embun) • Desain tempat pengering: aman, cepat, bersih
<ul style="list-style-type: none"> • Pengemasan dan Pengumpulan 	<ul style="list-style-type: none"> • Jamur berkembang 	<ul style="list-style-type: none"> • K.A 6-8% 	<ul style="list-style-type: none"> • Menghindari rehidrasi • Tidak disimpan dalam waktu lama

Karakteristik unik lemak cokelat

Anton Rahmadi

Dipublikasikan di Majalah FoodReview tahun 2012

Pendahuluan

Cokelat merupakan produk populer seantero jagad yang berasal dari hasil olahan biji buah tanaman kakao (*Theobroma cacao*). Produk-produk turunan cokelat, satu diantaranya lemak cokelat (*cocoa butter*), digunakan secara luas tidak hanya dalam industri pangan, tetapi juga industri farmasi dan kosmetik. Mengapa lemak cokelat banyak dipilih sebagai bahan baku industri? Ternyata ini dikarenakan lemak cokelat memiliki sifat fungsional yang superior, terutama dalam membentuk tekstur, viskositas, plastisitas, difusi aroma, karakteristik lelehan (*melting profile*), kristalisasi, dan efek *glossy* pada produk pangan.

Cara produksi lemak cokelat

Sebelum membahas lebih jauh tentang karakteristik khas lemak cokelat, ada baiknya kita mengenal cara produksinya terlebih dahulu. Proses produksi lemak cokelat diawali dengan pengambilan biji dan daging buah cokelat untuk kemudian difermentasi. Proses fermentasi yang baik akan menghasilkan cokelat yang bermutu, terutama dinilai dari aspek pembentukan cita rasa dan perubahan komposisi kimiawi dari biji cokelat. Fermentasi biji cokelat di Indonesia umumnya terjadi secara spontan dengan melibatkan banyak sekali mikroorganisme indigenus seperti khamir pembentuk alkohol dan bakteri penghasil cuka dan laktat. Selanjutnya, biji cokelat akan dikering-mataharkan dengan cara dijemur di atas terpal di bawah sinar matahari. Biji cokelat kering selanjutnya dikirim oleh petani ke pedagang pengumpul, pedagang besar, hingga akhirnya masuk ke industri pengolahan bahan baku cokelat.

Pada tahapan selanjutnya, biji cokelat akan disangrai dan digiling menjadi bubuk. Pemisahan antara massa cokelat (*cocoa mass*) dan lemak cokelat (*cocoa butter*) dapat dilakukan beberapa variasi metode. Metode paling sederhana, dikenal dengan istilah *Broma process*, adalah mengangkat bubuk

cokelat pada suhu sekitar 45°C yang menyebabkan lemak cokelat meleleh dan terpisah dari massa cokelat. Proses ini dipercepat dengan pemberian tekanan hidrolik. Teknik lain untuk menghasilkan lemak cokelat adalah dengan pemberian soda kue sebelum proses penyangraian dengan tujuan untuk menurunkan keasaman cokelat bubuk, sekaligus mempermudah pemisahan massa cokelat dari lemaknya. Teknik yang terakhir ini dikenal dengan istilah *Dutched process*.

Perbedaan utama dari kedua metode ini adalah pada derajat keasaman cokelat, aroma dan flavor yang dihasilkan, serta kadar polifenol dan flavonoid (antioksidan) akhir. Produk hasil *Broma process* pada umumnya menghasilkan produk yang cenderung beraroma kuat, memiliki kadar antioksidan lebih tinggi, dan keasaman yang lebih tinggi, bila dibandingkan dengan produk hasil *Dutched process*. Selain dari ketiga perbedaan tersebut, lemak cokelat yang dihasilkan dari kedua proses di atas umumnya memiliki karakteristik fisik, kimiawi, reologi dan komposisi asam lemak yang cenderung sama.

Lemak cokelat ekivalen

Dikarenakan sifatnya yang superior dan disukai dalam industri pengolahan, serta keberadaan tanaman cokelat yang hanya diperoleh dari daerah tropis, banyak penelitian mengarah pada upaya mendesain lemak yang menyerupai lemak cokelat. Produk hasil desain lemak dengan karakteristik yang diupayakan sama dengan lemak cokelat ini selanjutnya dikenali sebagai lemak cokelat ekivalen atau *cocoa butter equivalent* (CBE). Sejauh ini, sekalipun komposisi asam-asam lemak dari CBE telah cenderung sama, akan tetapi para peneliti masih belum mampu menghasilkan lemak cokelat ekivalen dengan karakteristik fisik dan kimiawi lainnya yang mampu menyamai kualitas *cocoa butter* (CB) atau lemak cokelat asli.

Karakteristik fisik dan kimiawi

Kadar protein dan lemak dari bubuk cokelat tergantung dari kualitas biji cokelat, tempat tumbuh dan kultivar tanaman kakao. Kultivar Criollo umumnya lebih banyak dikembangkan di seluruh dunia, dikarenakan sifat tanamannya yang lebih tahan penyakit dan hama. Bubuk cokelat dari kultivar Criollo mengandung sekitar 30-40% protein dan 46-56% lemak. Diantara berbagai karakteristik fisik dan kimiawi, indeks refraktif, titik leleh, bilangan iodin, bilangan penyabunan dan komposisi asam-asam lemak merupakan beberapa karakteristik penting bagi industri pangan, farmasi, dan kosmetik. Rangkuman dari karakteristik-karakteristik penting lemak cokelat dapat dilihat pada Tabel 1.

Profil reologi dari lemak cokelat yang paling unik adalah karakteristik lelehannya, dimana pada kondisi suhu kurang dari 27°C, lemak coklat akan cenderung padat (*set*), keras (*hard*) dan mudah patah (*brittle*). Akan tetapi seiring dengan kenaikan suhu, lemak coklat meleleh dengan baik pada suhu 33-37°C (Lipp dkk, 2001).

Tabel 1. Karakteristik fisik dan kimia lemak cokelat pada kultivar Criollo

Komposisi	Nilai
Kadar lemak total (g/100g biji cokelat)	46.08-56,42
Indeks refraktif (N_D^{40})	1.455-1.457
Titik leleh (°C)	34.5-36
Bilangan iodin (g I ₂ /100g lemak cokelat)	32.5-34.73
Bilangan penyabunan (mg KOH/g lemak cokelat)	193.02-195.89

Liendo dkk (1997)

Komposisi asam lemak

Lemak cokelat lebih banyak disusun dari asam-asam lemak jenuh palmitat (C16) dan stearat (C18). Gabungan komposisi keduanya dapat mencapai 90% dari total seluruh asam-asam lemak penyusun *cocoa butter* (CB). Selain

itu, asam lemak rantai ganda seperti oleat (C18:1) dan linoleat (C18:2) juga ditemukan dalam jumlah yang dapat mencapai hingga 39% dari total asam-asam lemak pada *cocoa butter*. Komposisi yang berimbang ini menjadikan cokelat dianggap sebagai makanan yang menyehatkan sekaligus bersifat unik dalam industri pengolahan pangan. Tabel 2 menyajikan secara lengkap komposisi asam-asam lemak pada *cocoa butter* dan *cocoa butter equivalent* (CBE).

Komposisi triasilgliserol (TAG) pada lemak cokelat kebanyakan diantaranya bersifat simetris. Maksud dari simetris ini adalah gugus asam lemak pada rantai pertama dan ketiga dari gliserol adalah sama. Pada lemak cokelat, komposisi simetris yang paling sering ditemukan adalah palmitat-oleat-palmitat (POP) diikuti dengan stearat-oleat-stearat (SOS) dan palmitat-linoleat-palmitat (PLP). Komposisi tidak simetris dari lemak cokelat yang paling banyak ditemukan adalah palmitat-oleat-stearat (POS), diikuti dengan kombinasi-kombinasi palmitat, oleat, linoleat dan stearat lainnya (Tabel 3). Komposisi TAG sangat berpengaruh terhadap pola kristalisasi lemak cokelat, yang pada kondisi tertentu dapat berefek *glossy* (Lipp dkk, 2001).

Tabel 2. Komposisi asam-asam lemak dalam lemak cokelat (*cocoa butter*, CB) dan lemak cokelat ekivalen (*cocoa butter equivalent*, CBE).

Komposisi asam lemak	CB (%/100g)	CBE komersial (%/100g)
C14:0	0-0,09	0-0,79
C16:0	24,78-26,91	18,31-58,79
C18:0	32,86-37,68	5,45-44,31
C18:1 (<i>trans</i>)	t/t	0,00-2,41
C18:1 (<i>cis</i>)	32,70-37,08	31,49-35,60
C18:2	1,09-3,36	0,71-3,77
C20:0	0,82-1,10	0,36-1,64

Lipp dkk (2001). t/t = tidak terdeteksi

Karakteristik kristalisasi

Karakteristik kristalisasi lemak cokelat menentukan tampilan produk akhir, seperti mengkilap (*glossy effect*), serta tampak padat dan penuh. Terdapat tiga karakter kristalisasi utama pada lemak cokelat yaitu *temper*, *feather*, dan *individual*. Penampakan karakteristik kristalisasi *temper* umumnya lebih disukai dibandingkan dua karakteristik lainnya. Ketiga jenis kristal ini terbentuk pada kisaran suhu yang sama, yaitu 26°C, namun memiliki perbedaan pada titik leleh.

Kristal *temper* meleleh pada suhu 33,4°C dengan karakteristik cenderung rapat, padat, serta terlihat seperti titik-titik kecil yang memiliki sebaran yang cenderung merata di bawah mikroskop perbesaran 120 kali. Kristal *individual* meleleh pada suhu 29,7°C dengan karakteristik kristal rapat, kurang padat, dan terlihat seperti garis dengan ukuran beragam dengan sebaran yang cenderung beragam pula di bawah mikroskop. Kristal *feather* meleleh pada suhu yang lebih tinggi dari kristal *individual* (sekitar 32,4-35,1°C) dengan karakteristik kristal terlihat memanjang dan menyerupai bulu, rapat dan padat, namun dapat terlihat dalam alur yang kurang beraturan (Dimick dan Manning, 1987).

Komposisi asam-asam lemak dalam TAG menentukan pola kristal yang terbentuk, dimana komposisi asam-asam lemak yang simetris (seperti POP dan SOS) akan cenderung membentuk pola kristal *temper* dan *feather*. Komposisi ideal dari asam-asam lemak dalam pembentukan pola kristal *temper* dan *feather* ini adalah 14,5-15,2% POP, 45,5-49,5% POS, dan 27,5-29,0% SOS (Dimick dan Manning, 1987).

Tabel 3. Komposisi asam-asam lemak dalam mentega cokelat (*cocoa butter*, CB) dan mentega cokelat ekivalen (*cocoa butter equivalent*, CBE).

Komposisi	CB (%/100g)	CBE komersial (%/100g)
POP	16,80-19,03	0,53-74,81
PLP	0,78-2,08	0,00-7,03
SOS	22,83-30,02	1,40-46,45
POO+PLS	3,09-9,45	1,67-74,49
SOO+SLS	3,27-9,79	0,00-11,81
POS	38,03-43,76	8,14-40,88

Lipp dkk (2001). P= palmitat (C16), S= stearat (C18), O=oleat (18:1), L=linoleat (C18:2).

Aplikasi industri lemak cokelat

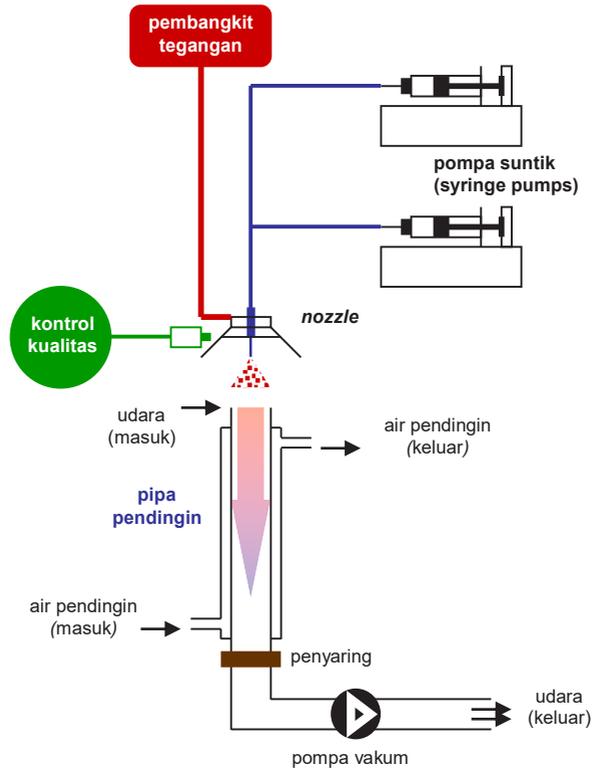
Produk lemak cokelat umumnya populer digunakan di industri konveksioneri yang menghasikan aneka ragam permen (*candy*). Selain itu, lemak cokelat digunakan sebagai bahan baku premium es krim, memberikan efek *glazing* dan *glossy* pada produk bakeri, juga digunakan sebagai campuran bahan baku aneka produk turunan susu.

Salah satu pemanfaatan lemak cokelat di bidang farmasi adalah untuk enkapsulasi-mikro molekul obat-obatan yang memiliki aroma atau rasa yang kurang enak. *Cocoa butter* dengan karakteristik titik leleh pada 37°C menjadikan komponen yang dibawa di dalam mikro-encapsulasi ini dapat diserap sempurna pada saat obat-obatan tersebut masuk ke dalam sistem pencernaan tubuh. Proses enkapsulasi-mikro lemak cokelat dan senyawa aktif obat-obatan dimulai dari injeksi tiap-tiap senyawa tersebut pada komposisi tertentu yang dibantu oleh tekanan dan tegangan tinggi. Lemak cokelat akan cenderung melapisi senyawa obat-obatan saat keduanya bercampur dan keluar dari *nozzle*. Kualitas enkapsulasi dapat diamati secara nir waktu menggunakan kamera yang terhubung ke perangkat komputer pemantau. Selanjutnya

produk enkapsulasi-mikro didinginkan dalam sebuah pipa yang bagian luarnya dialiri oleh cairan pendingin. Produk ditangkap dibagian penyaring, untuk kemudian disimpan dan diproses lebih lanjut menjadi obat-obatan. Rangkaian dari proses enkapsulasi-mikro ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Referensi

- Bonacegra, R., Gaonkar, A.G., Barrero, A., Loscertales, I.G., Pechack, D., Marquez, M. 2005. Production of Cocoa Butter Microcapsules Using an Electro spray Process. *JFS E: Food Engineering and Physical Properties* 70(8): E492-E497.
- Dimick, P.S., Manning, D.M. 1987. Thermal and Compositional Properties of Cocoa Butter During Static Crystalization. *JAOCS* 64(12): 1663-1669.
- Liendo, R., Padilla, F.C., Quintana, A. 1997. Characterization of cocoa butter extracted from Criolo cultivars of *Theobroma cacao* L. *Food Res. Int.* 30(9):727-731.
- Lipp, M., Simonaeu, C., Ulberth, F., Anklam, E., Crews, C., Brereton, P., De Greyt, W., Schwack, W., Wiedmaier, C. 2001. Composition of Genuine Cocoa Butter and Cocoa Butter Equivalents. *J. Food Composition and Anal.* 14: 399-408.



Gambar 1. Proses mikro-enkapsulasi obat-obatan dengan cocoa butter atau cocoa butter equivalent

Sumber: digambar ulang dari: Bocanegra dkk, 2005



Profil Perubahan Populasi BAL, pH, Kadar Flavonoid, dan Potensi Aktivitas Antioksidan pada Fermentasi Mandai Cempedak Higienis Tanpa Garam

**Anton Rahmadi*, Kartika Sari, Satrio Sitohang, Nikmatul
Khairiyah, Frio Handayani, Aswita Emmawati, Yuliani**

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mula-
warman, Samarinda, Indonesia.

Email Korespondensi: arahmadi@unmul.ac.id

Dipublikasikan di Prosiding Seminar Nasional PATPI 2017

Pendahuluan

Mandai cempedak merupakan pangan lokal masyarakat Kalimantan Timur dan Selatan yang cukup populer. Produk fermentasi tradisional ini hampir setiap saat dapat ditemui. Fermentasi tradisional mandai cempedak telah didokumentasi dalam berbagai penelitian (Rahmadi et al, 2013; Nur, 2009; Emmawati, 2015). BAL dari kelompok *Lactobacillus plantarum* dan *Leuconostoc* sp. merupakan bakteri yang dominan dalam fermentasi tradisional asam laktat mandai cempedak (Nur, 2009). Dalam pengamatan yang dilakukan, pedagang memproses kulit buah mandai dengan kurang higienis dan berimplikasi pada penambahan garam yang berlebihan untuk mencegah kebusukan. Peningkatan kualitas fermentasi tradisional sekaligus mengurangi konsumsi garam dapat dilakukan dengan cara sederhana yaitu perebusan (Afriani, 2010). Dalam pengolahan kulit buah cempedak, hal ini dimungkinkan karena secara teoretis BAL diketahui dapat bertahan pada suhu pemanasan tertentu (Fiocco et al, 2007). BAL tahan panas diketahui memiliki protein-protein yang bersifat protektif terhadap perlakuan panas (De Angelis, 2004). Penelitian ini bertujuan untuk melihat perubahan populasi bakteri asam laktat (BAL), pH, kadar flavonoid, dan potensi aktivitas antioksidan dari fermentasi mandai cempedak tanpa garam yang diproses secara higienis selama periode fermentasi tujuh hari pada suhu 37 °C. Perbaikan kualitas produk pangan lokal hasil fermentasi dapat dilakukan melalui pengenalan cara kerja yang higienis namun tetap sederhana, sehingga dapat diimplementasikan di tingkat pedagang kaki lima.

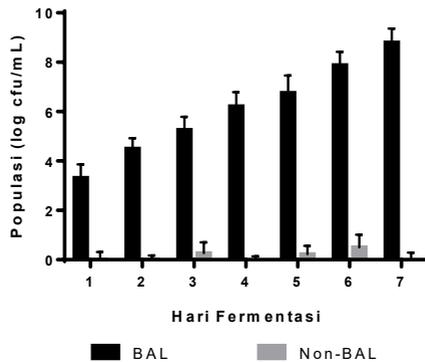
Proses Pengolahan Mandai Cempedak Tanpa Garam

Kulit buah cempedak yang digunakan merupakan kulit bagian dalam yang telah disortasi dan dibersihkan. Kulit cempedak kemudian dipotong dengan ukuran 3-4 cm³. Setelah itu, potongan kulit cempedak direbus pada suhu 80-90 °C selama 15 menit untuk menghilangkan getah pada kulit cempe-

dak, kemudian ditiriskan. Kulit cempedak disimpan dalam wadah botol tertutup sebanyak kurang lebih 100 gram. Air dituang ke dalam wadah hingga seluruh kulit cempedak terendam. Kulit cempedak direbus kembali pada suhu 80-90 °C selama 15 menit. Mandai selanjutnya difermentasi pada suhu 37°C selama 7 hari pada suhu 37 °C. Pengamatan terhadap total bakteri, total BAL, pH, kadar flavonoid, dan potensi aktivitas antioksidan dilakukan setiap hari hingga hari ke-7.

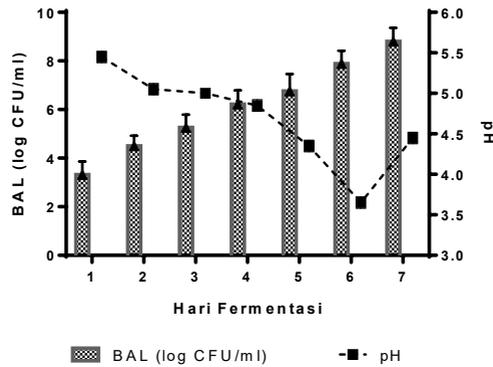
Pertumbuhan BAL dan non-BAL diamati sejak hari pertama hingga hari ke tujuh pada suhu 37 °C. Proses fermentasi mandai cempedak higienis tanpa garam dapat dilihat pada Gambar 1. Hingga pada hari ke-7, BAL terus tumbuh dan berkembang mengikuti persamaan linier [populasi BAL dalam log cfu/mL] = 0.9128 x [hari fermentasi] + 2.081. BAL mendominasi secara signifikan pertumbuhan total bakteri di dalam proses fermentasi mandai ini. Populasi bakteri non-BAL paling tinggi terdapat di hari ke-6 yaitu 0,31 log CFU/mL. Konfirmasi pertumbuhan BAL dilakukan dengan medium MRSA dan uji biokimia parsial yang meliputi konfirmasi Gram positif, identifikasi bentuk sel batang, ketidakberadaan spora, non-motilitas, dan katalase positif. Menurut beberapa penelitian sebelumnya, *Lb. plantarum* adalah BAL yang paling umum diisolasi dari proses fermentasi pangan lokal asal sayuran atau buah-buahan (Emmawati et al, 2015; Rahmadi et al, 2013, Nur, 2009).

Data ini membuktikan bahwa BAL mampu bertahan hidup dalam proses panas yang digunakan pada proses pengolahan awal mandai cempedak. Hasil ini sejalan dengan penelitian De Angelis *et al* (2004) dan Fiocco *et al* (2007) yang menyatakan bahwa beberapa strain BAL mampu bertahan hidup setelah mengalami proses panas karena menghasilkan protein yang bersifat protektif panas.



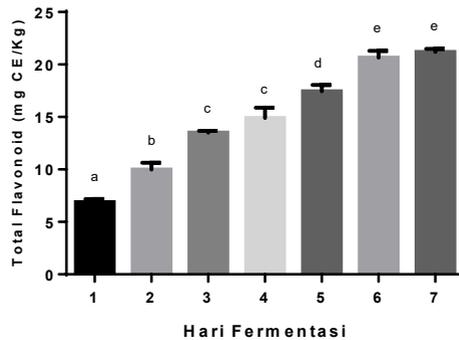
Gambar 1. Populasi BAL dan non-BAL pada fermentasi mandai cempedak higienis tanpa garam pada suhu 37 °C

BAL diketahui memproduksi asam laktat dalam jumlah yang cukup untuk menurunkan derajat keasaman dari produk hasil fermentasi. Penurunan pH dari mandai cempedak dimulai sejak fermentasi hari kedua hingga hari ke tujuh, dengan pH terendah diperoleh pada fermentasi hari keenam, yaitu pH 3.5 (Gambar 2). Dalam fermentasi spontan mandai cempedak, *Lb plantarum* mendominasi pertumbuhan mikroba, sementara spesies BAL tersebut diketahui sebagai bakteri heterofermentatif fakultatif (Zago *et al*, 2011). Rhee *et al* (2011) melaporkan penurunan pH sebagai akibat dari produksi asam laktat adalah indikator kesuksesan fermentasi produk pangan tradisional oleh BAL. Dalam penelitian ini, pertumbuhan BAL selaras dengan penurunan pH sampai dengan hari keenam. Ini mengindikasikan, bahwa dalam fermentasi mandai cempedak pada suhu 37 °C, waktu optimum fermentasi adalah enam hari. Konfirmasi produksi asam organik dalam fermentasi ini dilakukan dengan mengukur total asam tertitiasi (data tidak disajikan).



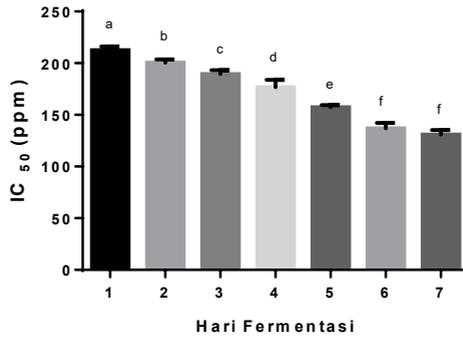
Gambar 2. Perubahan pH dan populasi BAL pada fermentasi mandai cempedak higienis tanpa garam pada suhu 37 °C

Fermentasi mandai cempedak menyebabkan peningkatan kadar flavonoid dari produk pada hari pengamatan kedua hingga ketujuh. Namun kadar flavonoid fermentasi mandai cempedak higienis tanpa garam pada suhu 37 °C yang optimum diperoleh pada hari fermentasi keenam. Dajanata *et al* (2013) menyebutkan bahwa kandungan total fenol menunjukkan kenaikan lebih tinggi mendekati sembilan kali lipat pada kedelai hitam dan kuning yang telah difermentasi dibandingkan dengan kedelai hitam dan kuning yang tidak difermentasi. Park *et al* (2015) melaporkan bahwa peningkatan total flavonoid juga diamati pada fermentasi tanaman bunga magnolia (*Magnolia denudate*), dimana total flavonoid tertinggi didapat pada waktu fermentasi terlalu lama yaitu 72 jam. Kenaikan senyawa flavonoid diduga disebabkan oleh proses bio-transformasi enzimatik pada produk olahan hasil fermentasi, dengan akibat terjadinya pelepasan komponen flavonoid yang tadinya terikat di dalam sel menuju ke luar atau cairan fermentasi (Jayabalan *et al*, 2008).



Gambar 3. Perubahan total flavonoid pada fermentasi mandai cempedak higienis tanpa garam pada suhu 37 °C

Proses fermentasi pada suhu 37 °C ternyata meningkatkan potensi aktivitas antioksidan yang ditandai dengan peningkatan kemampuan penghambatan reduksi DPPH oleh ekstrak etanolik mandai cempedak (Gambar 4). Kadar flavonoid mandai cempedak diduga memiliki peranan besar dalam peningkatan potensi aktivitas antioksidan tersebut. Hal ini sejalan dengan penelitian Ukiyanna *et al* (2012) yang menyatakan bahwa kandungan fenolik total memberikan kontribusi sebesar 77% terhadap aktivitas antioksidan pada tumbuhan suruhan. Chayati dan Miladiyah (2015) dan Perwiratami *et al*, (2014) menyatakan bahwa terdapat hubungan yang erat antara kadar flavonoid total dan aktivitas antioksidan metode DPPH pada produk madu mono-flora dan buah tanjung dengan nilai korelasi sangat kuat (>0,9). Sebagaimana kadar flavonoid, potensi aktivitas antioksidan optimum diperoleh pada hari fermentasi keenam.



Gambar 4. Perubahan potensi aktivitas antioksidan terhadap reduksi DPPH pada fermentasi mandai cempedak higienis tanpa garam pada suhu 37 °C

Kesimpulan

Proses pengolahan higienis tanpa garam dalam fermentasi mandai cempedak secara sederhana dapat dicapai dengan perebusan daging kulit buah cempedak pada suhu 80-90 °C selama 15 menit sebanyak dua kali untuk penghilangan getah dan pembotolan bahan baku. Populasi BAL tumbuh dengan persamaan [populasi BAL dalam log CFU/mL] = 0.9128 x [hari fermentasi] + 2.081. Kultur BAL mendominasi total bakteri selama periode fermentasi. Derajat keasaman meningkat dari pH 5.5 pada hari pertama fermentasi menjadi pH 3.5 pada hari keenam, sebelum menurun ke pH 4.5 pada hari ketujuh. Total flavonoid meningkat dari 6,8 mg CE/Kg pada hari pertama menjadi 20,8 dan 21,7 mg CE/Kg pada hari ke-6 dan ke-7 fermentasi. IC₅₀ terhadap DPPH menurun dari setara 212,6 ppm menjadi 130,8 ppm setara Vitamin C. Dari parameter pH, kadar flavonoid, dan IC₅₀ terhadap DPPH dapat disimpulkan bahwa waktu optimum fermentasi mandai cempedak higienis tanpa garam pada suhu 37 °C adalah 6 hari.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ditjen DRPM Kemenristekdikti atas pembiayaan penelitian ini melalui skema PPT tahun anggaran 2017.

Daftar Pustaka

- Chayari, I. dan Miliadiyah, I. 2005. Kandungan Komponen Fenolat, Kadar fenolat total, dan aktivitas antioksidan madu dari beberapa daerah di Jawa dan Sumatera. Laporan Tahunan Hibah Bersaing. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- 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
- De Angelis, M., Di Cagno, R., Huet, C., Crecchio, C., Fox, P.F., dan Gobetti, M. 2004. Heat Shock Response in *Lactobacillus plantarum*. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol 70(3): 1336-1346.
- Afriani. 2010. Pengaruh Penggunaan Starter Bakteri Asam Laktat *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus fermentum* Terhadap Total Bakteri Asam Laktat, Kadar Asam dan Nilai pH Dadih Susu Sapi. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*. Vol 13(6): 279-285.
- Emmawati, A., Jenie, B. S. L. S., Nuraida, L., dan Syah., D. 2015. Karakterisasi Isolat Bakteri Asam Laktat dari Mandai yang Berpotensi Sebagai Probiotik. *AgriTech*. Vol 35(2): 146-155.
- Fardiaz, S. 1993. Analisis Mikrobiologi Pangan. *Raja Grafindo Persada*. Jakarta.
- Farhan, H., Rammal, H., Hijazi, A., Hamad, H., Daher, A., Reda, M., dan Badran, B. 2012. Invitro Antioxidant Activity of Ethanolic and Aque-

- ous Extracts from Crude *Malva parviflora* L. Grown in Lebanon. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. Vol 5(3): 234-238.
- Fiocco, D., Capozzi, V., Goffin, P. dan Hols, P. 2007. Improved Adaption To Heat, Cold and Solvent Tolerance In *Lactobacillus plantarum*. *Applied Genetics and Molecular Biotechnology*. Vol 77: 909-915.
- Jayabalan, R., Subathradevi, P., Marimuthu, S., Sathishkumar, M., dan Swaminathan, K. 2008. Changes in Free-radical Scavenging Ability of Kombucha tea during fermentation. *Food Chemistry*.
- Leroy, F. dan Vuyst, De. L. 2004. Lactic Acid Bacteria as Functional Starter Cultures For The Food Fementation Industry. *Review: Trends in Food Science and Technology*. Vol 15: 67-78.
- Nur, H.S. 2009. Suksesi Mikroba dan Aspek Biokimiawi Fermentasi *Mandai* dengan Kadar Garam Rendah. *Makara Sains*. Vol 13(1): 13-16.
- Nuraida, L. 2015. A Review: Health Promoting Lactic Acid Bacteria in Traditional Indonesian Fermented Foods. *Food Science and Human Wellness*. Vol 4(2): 47-55.
- Park, E., Kim, H., Eom, S.J. dan Paik, H. 2015. Antioxisidatif and Anticanceric Activities of Magnolia (*Magnolia denudata*) Flower Petal Extract Fermented by *Pediococcus acidilactici* KCCM 11614. *Molecules*. 20:12154-12165.
- Perwiratami, C., Suzery, M. dan Cahyono, B. 2014. Korelasi fenolat total dan flavonoid total dengan antioksidan dari beberapa sediaan ekstrak buah tanjung (*Mimusops elengi*). Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Rahmadi A, Abdiah I, Sukarno MD, Purnaningsih T. 2013. Karakteristik Fisikokimia dan Antibakteri Virgin Coconut Oil Hasil Fermentasi Bakteri Asam Laktat. *J. Teknol. Industri Pangan*. 24(2):178-183.

- Rhee, S. J., Lee, J. E., dan Lee, C. H. 2011. Importance of Lactid Acid Bacteria in Asian Fermented Foods. *Microbial Cell Factories*. Vol 10(1): 1-13.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, Suhardi. 2007. *Prosedur Analisis Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta.
- Ukiyanna, E., Suryani., Roswiem, A.P. 2012. *Aktivitas Antioksidan kadar fenolik dan flavonoid total tumbuhan suruhan*. Skripsi. Bogor: Departemen Biokimia Institut Pertanian Bogor.
- Zago, M., Fornasari, M.E., Carminati, D., Burns, P., Suarez, V., Vinderola, G., Reinheimer, J. dan Giraffa, G. 2011. Characterization and Probiotic Potential of *Lactobacillus plantarum* Strains Isolated from Cheeses. *Food Microbiology*. Vol 28(2011): 1033-1040.
- Zou, Y., Lu, Y., and Wei, D. 2004. Antioxidant Activity of Flavonoid Rich Extract of *Hypericum pertoratum* L. in Vitro. *Journal Agriculture and Food Chemistry*. 52(16): 5032-5039.

Karakteristik Fisikokimia dan Antibakteri Virgin Coconut Oil Hasil Fermentasi Bakteri Asam Laktat

**Anton Rahmadi¹⁾, Ipnatul Abdiah²⁾, Maya Dewi Sukarno²⁾
dan Titin Purna Ningsih³⁾**

¹⁾ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda

²⁾ Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Mulawarman, Samarinda

³⁾ Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Palangka Raya, Samarinda

Dipublikasikan di Jurnal Teknologi dan Industri Pangan tahun 2013

Pendahuluan

Virgin coconut oil (VCO) adalah minyak kelapa hasil ekstraksi tanpa menggunakan panas yang menyebabkan perubahan komposisi ataupun karakteristik minyak (APCC, 2009). Emulsi minyak-air pada santan bersifat tidak stabil dikarenakan faktor kuantitas dan kualitas protein yang berfungsi sebagai emulsifier. Proses pemisahan terjadi secara alami dapat dengan bantuan gravitasi, dan diperlukan upaya tambahan untuk percepatan deemulsifikasi minyak-air pada santan (Jena *dkk* 2006; Nour *dkk* 2009). Santan kelapa mengandung 54% air, 35% lemak dan 11% padatan non lemak (Tansakul dan Chaisawang, 2006). Bakteri asam laktat (BAL) akan memanfaatkan oligosakarida dan protein, mengubahnya menjadi asam laktat dan metabolit-metabolit lainnya (Surono, 2004).

BAL banyak terdapat dalam makanan tradisional, misalnya mandai yang berasal dari Kalimantan (Surono, 2004). BAL ternyata juga dikonfirmasi keberadaannya pada blonde kelapa (Murtius, 2008). *L. Plantarum* mendominasi spesies BAL yang berasal dari produk tanaman.

BAL, secara umum, terbukti mampu menginduksi proses pemisahan minyak dan air dari santan kelapa (Che Man *dkk* 1997). Kondisi ekstraksi tanpa melibatkan panas dan mekanis pada proses fermentasi VCO-BAL dianggap memiliki banyak keuntungan seperti: kadar bilangan penyabunan, bilangan peroksida, dan asam lemak bebas yang rendah, dan sifat antibakteri yang diklaim lebih tinggi (Ali dan Dwiyan, 2005). Hingga saat ini, publikasi yang membandingkan proses fermentasi VCO menggunakan beberapa jenis BAL untuk mengkonfirmasi keunggulan yang dimiliki oleh VCO-BAL masih sangat terbatas. Penelitian ini juga dilakukan sebagai aplikasi BAL hasil isolat makanan tradisional Kalimantan (mandai).

Penelitian ini bertujuan untuk menguji karakteristik fisikokimia dan aktivitas antibakteri yang dimiliki oleh VCO asal kelapa hibrida yang diperoleh dengan metode fermentasi dari *L. casei* galur komersial Yakult® dan *L. plantarum* isolat mandai dan blonde kelapa terhadap patogen umum Gram negatif (*Escherichia coli*) dan Gram positif (*Staphylococcus aureus*).

VCO dari BAL

L. plantarum sebagai BAL hasil seleksi dengan medium MRSA yang terdapat pada mandai dan blondo kelapa memiliki karakteristik morfologi sel berbentuk batang, Gram positif, tidak berspora, non-motil, dan berkatalase negatif. Keberadaan *L. plantarum* pada mandai dan blondo kelapa dikonfirmasi oleh peneliti lainnya (Surono, 2004; Murtius, 2008).

Tabel 1 menyajikan informasi konsentrasi bakteri asam laktat pada medium susu skim setelah diinkubasikan selama 48 jam pada suhu 37°C sebelum diintroduksikan kepada kepala santan dan pada fraksi air (blondo) masing-masing perlakuan fermentasi VCO setelah inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Konsentrasi bakteri asam laktat mencapai 6 skala eksponensial per ml susu skim (Tabel 1). Masing-masing biakan starter ini kemudian digunakan untuk memfermentasi kepala santan, sehingga emulsi minyak-air dapat terpecah. Konsentrasi bakteri asam laktat pada santan setelah masa inkubasi 24 jam berada pada 5 skala eksponensial per ml santan (Tabel 1). Ini membuktikan bahwa *L. plantarum* dan *L. casei* dapat hidup dan tumbuh di medium santan, sekalipun kerapatannya menurun sebanyak 1 skala eksponensial dibandingkan dengan medium inokulum susu skim.

Terdapat dua proses pemisahan minyak-air pada santan, yaitu: gangguan mikrostruktur pada emulsifier alami dan penurunan pH sebagai akibat pemanfaatan pati pada santan. Globulin, albumin dan fosfolipid berfungsi sebagai emulsifier alami minyak-air pada santan kelapa (Raghavendra dan Raghavarao, 2010). Salah satu cara kerja dari emulsifier adalah memiliki permukaan aktif (*surface active*) yang dapat mengelilingi droplet lemak sehingga lemak tetap terdispersi di dalam air (Tangsuphoom dan Coupland, 2009). Gangguan mikrostruktur pada emulsi minyak-air, misalnya akibat pemanfaatan protein dan sekresi protease ekstraseluler oleh BAL, dapat menyebabkan agregasi droplet-droplet minyak (Jirapeangtong *dkk* 2008).

Kadar pati di dalam santan kelapa berkisar 5.5-6.2% (Marina *dkk* 2009). Enzim α -amilosa (99.5 kDa) pada *L. plantarum* bekerja mengkatalisis peme-

cahan pati menjadi maltotriosa dan maltotetraosa dengan aktivitas mencapai 30-40% pada suhu 25-30°C dibandingkan pada suhu optimumnya (60°C) (Talamond *dkk* 2002). Lebih lanjut, maltotriosa dan maltotetraosa dapat dikonversi menjadi asam laktat oleh BAL (Reddy *dkk* 2008; Petrova *dkk* 2013). Asam laktat me-nurunkan pH santan. Protein-protein santan terkoagulasi akibat tercapainya titik isoelektrik menyebabkan minyak terpisah dari emulsi (Raghavendra dan Raghavarao, 2011).

Persentase volume yang dihasilkan dari proses fermentasi VCO dengan BAL berada pada kisaran 23.0% hingga 34.5%, dimana VCO-BAL asal *L. casei* memiliki *yield* terbaik. *L. casei* menghasilkan VCO-BAL dalam persentase volume secara signifikan ($p < 0.05$) lebih besar (34.5%) dibandingkan VCO-BAL asal *L. plantarum* maupun VCO tanpa penambahan kultur BAL (kontrol).

Berat jenis dari VCO BAL dan non BAL berada pada kisaran 0.84-0.89 g.mL⁻¹, dimana VCO-BAL asal *L. casei* memiliki berat jenis paling ringan dibanding lainnya. VCO-BAL memiliki berat jenis yang lebih rendah dari standar VCO, yaitu 0.91-5-0.920 (APCC, 2009). VCO-BAL asal *L. casei* memiliki berat jenis paling ringan (0.84±0.04 g.mL⁻¹).

Semua VCO yang diproduksi memenuhi kriteria yang ditetapkan APCC (2009) dan mengkonfirmasi temuan sebelumnya (Che Man *dkk* 1997). Tidak ada perbedaan yang signifikan dari bilangan penyabunan, bilangan peroksida dan bilangan asam lemak bebas dari semua VCO yang diproduksi (Tabel 2). Ini menyebabkan hipotesis pertama ditolak, VCO hasil fermentasi dengan penambahan kultur BAL memiliki karakteristik fisikokimia yang cenderung sama dibandingkan VCO kontrol. Keistimewaan dari VCO-BAL bukan terletak dari karakteristik fisikokimianya. Hasil serupa juga dilaporkan pada penelitian-penelitian yang serupa (Seneviratne *dkk* 2009; Marina *dkk* 2009).

Pengamatan dilakukan setelah setelah inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Nilai a, b, dan c merupakan kelompok dalam analisis BNT pada taraf 5%. Huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata antar perlakuan.

Semua VCO mampu menghambat pertumbuhan *E. coli*. Tetapi, VCO-BAL asal blondo kelapa tidak berbeda secara signifikan ($p>0.05$) dibandingkan dengan VCO kontrol. VCO-BAL asal *L. casei* memiliki daya hambat yang superior, 58.1% terhadap kontrol positif, dibandingkan dengan VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat blondo kelapa dan mandai, yaitu 27.3% dan 44.6% terhadap kontrol positif (Tabel 3).

VCO-BAL dan non BAL mampu menghambat pertumbuhan *S. aureus*. Namun, VCO-BAL asal *L. casei* memiliki daya hambat yang secara signifikan ($p<0.05$) lebih baik, yaitu 51.3% dibandingkan dengan kontrol positif. VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat mandai memiliki daya hambat terhadap *S. aureus* yang signifikan ($p<0.05$) dibandingkan dengan VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat blondo kelapa ataupun VCO non BAL, yaitu 39.7% terhadap kontrol positif (Tabel 4). Sekali lagi, VCO-BAL asal blondo kelapa tidak berbeda secara signifikan ($p>0.05$) dibandingkan dengan VCO kontrol. Ini membuktikan bahwa tidak semua VCO yang diproduksi dengan penambahan kultur BAL memiliki daya antibakteri yang signifikan lebih baik dibandingkan VCO kontrol.

Tidak semua VCO yang diproduksi dengan penambahan kultur BAL memiliki daya antibakteri yang signifikan lebih baik dibandingkan VCO kontrol. Oleh karena itu, setiap faktor anti-bakteri kemudian dikonfirmasi dengan literatur-literatur yang telah ada. Aktivitas antibakteri dari VCO-BAL dapat disebabkan oleh asam lemak rantai sedang (asam laurat dan miristat), komponen antioksidan, komponen asam organik dan aromatik, dan bakteriosin hidrofobik.

Asam lemak rantai sedang merupakan ciri khas dari minyak kelapa, terdiri dari asam laurat (43-53%), asam miristat (16-21%), asam palmitat (7.5-10%), asam kaprilat (5-10%), dan asam kaprat (4.5-8%). Beberapa asam lemak rantai sedang, terutama asam laurat, diklaim memiliki sifat bakterisidal atau mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen (Villarino *dkk* 2007). Akan tetapi, tidak ada perbedaan signifikan pada komposisi miristat dan laurat antara VCO hasil fermentasi BAL (VCO-BAL) dengan hasil ekstraksi mekanis (Seneviratne *dkk* 2009; Mansor *dkk* 2012).

Aktivitas antioksidan fenolik dapat dilihat dengan uji 2,2-difenil-1-pikrilhidrasil (DPPH) dan uji degradasi deoksiribosa. Dari kedua uji tersebut, aktivitas antioksidan fenolik pada hasil ekstraksi dingin (30°C) lebih tinggi secara signifikan dibandingkan pada hasil ekstraksi panas (100-120°C), dengan komponen antioksidan utama berupa asam gallat (28.1±10.5 mg/kg minyak), epigalokatekin (26.7±1.7 mg/kg minyak), dan asam *syringic* (1.4±0.1 mg/kg minyak). VCO memiliki kandungan total fenolik 1.8-3.0 kali lebih tinggi dibandingkan dengan *refine, bleached, and deodorized coconut oil* (RBDCO) (Seneviratne *dkk* 2009). Tanin, termasuk didalamnya asam gallat dan epigalokatekin mampu menghambat pertumbuhan *E. coli*, *S. aureus* dan *Salmonella* (Rodriguez-Vaquero *dkk* 2011). Komponen-komponen antioksidan tersebut memberikan pengaruh terhadap peningkatan daya hambat dari VCO-BAL sekaligus VCO kontrol (Lacombe *dkk* 2010). Dari uraian ini dapat disimpulkan bahwa efek antimikrobial akibat antioksidan fenolik VCO bukan menjadi faktor yang membedakan VCO-BAL dan VCO kontrol.

VCO hasil fermentasi diketahui memiliki komponen asam organik dan aromatik seperti asam asetat, asam laktat, heksanal, dan nonanal yang lebih tinggi dibandingkan dengan VCO hasil sentrifugasi (Santos *dkk* 2011). Asam organik seperti asetat dan laktat mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen (Carpenter *dkk* 2011). Hexanal dan 2-hexenal mampu mengurangi kecepatan tumbuh dari populasi mikroba mesotrofik dan psikrotropik pada buah olah minimal di suhu dingin (Patrignani *dkk* 2008). Nonanal dan α,β -unsaturated aldehyd juga menunjukkan penghambatan pada *S. aureus* dan *Salmonella choleraesuis* disamping menunjukkan daya anti-fungal (Kubo *dkk* 2004). Diduga, komponen-komponen asam organik dan aromatik tersebut juga memberikan pengaruh terhadap peningkatan daya hambat dari VCO-BAL dibandingkan dengan VCO kontrol. Efek antibakteri senyawa-senyawa aromatik bersifat lebih lemah dibandingkan asam organik (Kubo *dkk* 2004). Kelarutan asam asetat dan laktat lebih baik pada air dibandingkan minyak dan kadar air dari VCO berkisar pada 0.1-0.5% (Che Man *dkk* 1997). Kandungan asam laktat di dalam VCO-BAL

hanya berkisar 0.03-0.37% dengan inokulum starter *L. plantarum* sebanyak 0-5% dari total volume santan (Che Man *dkk* 1997). Dapat disimpulkan bahwa efek dari asam organik dan aromatik terhadap aktivitas antibakteri dari VCO cenderung terbatas.

Pada minyak kelapa murni hasil fermentasi bakteri asam laktat, juga terkandung bakteriosin yang diproduksi oleh BAL. Bakteriosin dapat menghambat pertumbuhan bakteri yang merugikan seperti *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, dan *Staphylococcus aureus* (Suroño, 2004). Plantarisin adalah bakteriosin dengan bobot 3.5 kDa yang umum ditemukan sebagai metabolit dari *L. plantarum* (Gong *dkk* 2010). Plantarisin dapat dikarakterisasi lebih lanjut menurut gugus-gugus peptida hidrofobiknya. Sebagai contoh, plantarisin C, memiliki terdiri dari banyak asam amino glisin yang bersifat hidrofobik, sehingga kelarutannya lebih baik di lemak atau minyak (Cotter *dkk* 2005). Tidak semua isolat *L. plantarum* mampu menghasilkan plantarisin C, namun dapat juga plantarisin EF, JK, S, T atau W yang bersifat kurang hidrofobik dibandingkan plantarisin C (Anderssen *dkk* 1998; Tsapieva *dkk* 2011). Produksi spesies plantarisin oleh *L. plantarum* dipengaruhi oleh tiga sistem transduksi sinyal, yaitu peptida feromon (PlnA), kinase protein histidin (PlnB), dan duga reseptor homolog (PlnC dan PlnD) (Risoen *dkk* 2001; Zhao *dkk* 2006).

Lebih lanjut, bakteriosin memiliki kemampuan untuk menye-suaikan kelarutannya terhadap medium (Abriouel *dkk* 2001). Sebagai contoh, bakteriosin AS-48 dari *Enterococcus faecalis* subsp. *liquefaciens* dalam kondisi pH netral banyak ditemui sebagai oligomer yang bersifat hidrofobik. Pada pH asam, bakteriosin ini berbentuk monomerik (Sanchez-Barrena *dkk* 2003; Abriouel *dkk* 2001). Oligomerisasi bakteriosin juga me-nyebabkan mudahnya bakteriosin masuk kedalam membran bipeptida dari bakteri Gram negatif dan positif yang berimplikasi pada pembentukan pori-pori membran dari bakteri-bakteri tersebut. Plantarisin A pada konsentrasi nanomolar dapat me-nyebabkan gangguan zweitter ionik fosfolipid pada membran sel (Zhao *dkk* 2006).

Diduga *L. plantarum* dari hasil isolat mandai memproduksi plantarisin hidrofobik dibandingkan isolat dari blondo kelapa. Sebagai akibatnya, VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat mandai memiliki daya inhibisi yang lebih besar (40%) dibandingkan VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat blondo kelapa (25-30%). *L. casei* diduga memproduksi bakteriosin hidrofobik, sehingga daya hambat mikrobiahnya paling baik (50-55%) dibandingkan dengan VCO-BAL asal *L. plantarum*. Dari uraian ini, hipotesis kedua yang menyatakan: VCO hasil fermentasi dengan penambahan kultur BAL memiliki daya antibakteri yang lebih baik dibandingkan VCO hasil ekstraksi tanpa penambahan kultur BAL (kontrol) dapat diterima, dengan syarat bahwa kultur BAL tersebut mampu memproduksi bakteriosin hidrofobik. Proses pembuktian keberadaan bakteriosin hidrofobik pada *L. casei* dan *L. plantarum* isolat mandai akan dilakukan sebagai lanjutan dari hasil diskusi ini.

Kesimpulan

L. casei menghasilkan VCO-BAL dalam persentase volume secara signifikan lebih besar (34.5%) dibandingkan VCO-BAL asal *L. plantarum* asal isolat mandai (29.5%) dan blondo kelapa (25.3%). VCO-BAL asal *L. casei* memiliki berat jenis paling ringan (0.84 ± 0.04 g/mL). Rata-rata kadar air (0.03-0.05%), bilangan penyabunan (161.3-163.6), bilangan peroksida (0.53-0.86), bilangan asam lemak bebas (0.11-0.12%) dari VCO-BAL tidak berbeda signifikan dibandingkan VCO non BAL. Keistimewaan dari VCO-BAL tidak terletak dari karakteristik fisikokimianya. Tidak semua VCO yang diproduksi dengan penambahan kultur BAL memiliki daya antibakteri yang signifikan lebih baik dibandingkan VCO kontrol. VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat blondo kelapa tidak menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan berbeda dibandingkan dengan VCO non BAL. VCO-BAL asal *L. casei* secara signifikan memiliki zona penghambatan terbaik terhadap *E. coli*, yaitu 6.45 ± 0.50 mm (58.1% dari kontrol positif) dan *S. aureus*, yaitu 5.23 ± 0.40 (51.3% dari kontrol positif), dibandingkan kedua VCO-BAL

asal *L. plantarum*. Aktivitas antibakteri VCO-BAL diduga kuat dipengaruhi oleh bakteriosin hidrofobik.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dirjen DIKTI dalam pembiayaan melalui skema Penelitian Dosen Muda periode 2006/2007 serta FMIPA Unmul yang telah memberikan fasilitas untuk berkarya.

Daftar Pustaka

- Abriouel H, Valdivia E, Gálvez A, Maqueda M. 2001. Influence of physico-chemical factors on the oligomerization and biological activity of bacteriocin AS-48. *Curr Microbiol* 42: 89–95. DOI: 10.1007/s0028403335.
- Ali A, Dwiyanita Z. 2005. Bakteri Asam Laktat Potensi dan Peranan Dalam Produk Pangan dan Kesehatan, Prosiding Pelatihan Bakteri Asam Laktat. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Anderssen EL, Diep DB, Nes IF, Eijsink VGH, Nissen-Meyer J. 1998. Antagonistic activity of *Lactobacillus plantarum* C11: two new two-peptide bacteriocins, plantaricins EF and JK, and the induction factor plantaricin A. *Appl Environ Microbiol* 64: 2269-2272.
- APCC. 2009. APCC Standards for virgin coconut oil. [http:// www.apccsec.org/document/VCNO.PDF](http://www.apccsec.org/document/VCNO.PDF). [3 Oktober 2013].
- Carpenter CE, Smith JV, Broadbent JR. 2011. Efficacy of washing meat surfaces with 2% levulinic, acetic, or lactic acid for pathogen decontamination and residual growth inhibition. *Meat Sci* 88: 256–260. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.12.032.

- Che Man YB, Abdul Karim MIB, Teng CT. 1997. Extraction of coconut oil with *Lactobacillus plantarum* 1041 IAM. J Am Oil Chem Soc 74: 1115–1119. DOI: 10.1007/s11746-997-0033-0.
- Cotter PD, Hill C, Ross RP. 2005. Bacterial lantibiotics: strategies to improve therapeutic potential. Curr Protein Peptide Sci 6: 61-75. DOI: 10.2174/1389203053027584.
- Gong, HS, Meng XC, Wang H. 2010. Plantaricin MG active against gram-negative bacteria produced by *Lactobacillus plantarum* KLDS1.0391 isolated from “Jiaoke”, a traditional fermented cream from China. Food Control 21: 89–96. DOI:10.1016/j.foodcont.2009.04.005.
- Jena S, Das H. 2006. Modeling of particle size distribution of sonicated coconut milk emulsion: Effect of emulsifiers and sonication time. Food Res Int 39: 606–611. DOI: 10.1016/j.foodres.2005.12.005.
- Jirapeangtong K, Siriwatanayothin S, Chiewchan N, 2008. Effect of coconut sugar and stabilizing agents on stability and apparent viscosity of high-fat coconut milk. J Food Eng 87: 422–427. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.01.001.
- Kubo I, Fujita KI, Kubo A, Nihei KI, Ogura T. 2004. Antibacterial activity of coriander volatile compounds against *Salmonella choleraesuis*. J Agric Food Chem 52: 3329–3332. DOI: 10.1021/jf0354186.
- Lacombe A, Wua VCH, Tyler S, Edwards K. 2010. Antimicrobial action of the American cranberry constituents; phenolics, anthocyanins, and organic acids, against *Staphylococcus aureus* O157:H7. Int J Food Microbiol 139: 102–107. DOI: 10.4103/0973-1296.99286.
- Mansor TST, Che Man YB, Shuhaimi M, Abdul Afiq MJ, Ku Nurul FKM. 2012. Physicochemical properties of virgin coconut oil extracted from different processing methods. Int Food Res 19: 837-845.

- Marina AM, Che Man YB, Nazimah SAH, Amin I. 2009. Chemical properties of virgin coconut oil. *J Am Oil Chem Soc* 86: 301–307. DOI: 10.1007/s11746-009-1351-1.
- Murtius WS. 2008. Pemanfaatan Blondo Sebagai Starter Dalam Pembuatan Minuman Probiotik. [Tesis]. Program Pasca Sarjana Universitas Andalas.
- Nour AH, Mohammed FS, Yunus RM, Arman A. 2009. Demulsification of virgin coconut oil by centrifugation method: a feasibility study. *Int J Chem Technol* 1: 59-64. DOI: 10.3923/ijct.2009.59.64.
- Patrignani F, Iucci L, Bellelli N, Gardini F, Guerzoni ME, Lanciotti R. 2008. Effects of sub-lethal concentrations of hexanal and 2-(E)-hexenal on membrane fatty acid composition and volatile compounds of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* and *Staphylococcus aureus*. *Int J Food Microbiol* 123: 1–8. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.09.009.
- Petrova P, Petrov K, Stoyancheva G. 2013. Starch modifying enzymes of lactic acid bacteria—structures, properties, and applications. *Starch/ Stärke* 65: 34–47. DOI: 10.1002/star. 201200192.
- Raghavendra SN, Raghavarao, KSMS. 2010. Effect of different treatments for the destabilization of coconut milk emulsion. *J Food Eng* 97: 341–347. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009. 10.027.
- Raghavendra SN, Raghavarao, KSMS. 2011. Aqueous extraction and enzymatic destabilization of coconut milk emulsions. *J Am Oil Chem Soc* 88: 481–487. DOI: 10.1007/ s11746-010-1695-6.
- Reddy G. Altaf, MD. Naveena BJ. Venkateshwar M, Kumar EV. 2008. Amylolytic bacterial lactic acid fermentation - A review. *Biotechnol Adv* 26: 22–34. DOI: 10.1016/j.biotech hadv.2007. 07.004.

- Risoen PA, Johnsborg O, Diep DB, Hamoen L, Venema G, Nes IF. 2001. Regulation of bacteriocin production in *Lactobacillus plantarum* depends on a conserved promoter arrangement with consensus binding sequence. *Mol Genet Genomics* 265: 198-206. DOI: 10.1007/s004380000397.
- Rodriguez-Vaquero MJ, Fernández PAA, De Nadra MCM. 2011. Effect of phenolic compound mixtures on the viability of *Listeria monocytogenes* in meat model. *Food Technol Biotechnol* 49: 83–88.
- Sanchez-Barrena, MJ, Martinez-Ripoll M, Galvez A, Valdivia E, Maqueda M, Cruz V, Albert A. 2003. Structure of bacteriocin as-48: from soluble state to membrane bound state. *J Mol Biol* 334: 541–549. DOI: 10.1016/j.jmb.2003.09.060.
- Santos JER, Villarino BJ, Zosa AR, Dayrit FM. 2011. Analysis of volatile organic compounds in virgin coconut oil and their sensory attributes. *Philippine J Sci* 140: 161-171.
- Seneviratne KN, Hapuarachchi CD, Ekanayake S. 2009. Comparison of the phenolic-dependent antioxidant properties of coconut oil extracted under cold and hot conditions. *J Food Chem* 114: 1444–1449. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.11.038.
- Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi. 1996. Analisis Bahan Makanan dan Pertanian. Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Suhardiman P. 2000. Bertanam Kelapa Hibrida. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Suroño IS. 2004. Probiotik: Susu Fermentasi dan Kesehatan. YAPMMI, Jakarta.

- Talamond P, Desseaux V, Moreau Y, Santimone M, Marchis-Mouren G. 2002. Isolation, characterization and inhibition by acarbose of the α -amylase from *Lactobacillus fermentum*: comparison with *Lb. manihotivorans* and *Lb. plantarum* amylases. *Comp Biochem Physiol B* 133: 351–360. DOI: 10.1016/S1096-4959(02)00157-4.
- Tangsuphoom N, Coupland JN. 2009. Effect of thermal treatments on the properties of coconut milk emulsions prepared with surface-active stabilizers. *Food Hydrocolloid* 23: 1792–1800.
- Tansakul A, Chaisawang P. 2006. Thermo physical properties of coconut milk. *J Food Eng* 73: 276–280. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2008.12.001
- Tsapieva A, Duplik N, Suvorov A. 2011. Structure of plantaricin locus of *Lactobacillus plantarum* 8P-A3. *Beneficial Microbes* 2: 255-261. DOI: 10.3920/BM2011.0030.
- Villarino BJ, Dy LM, Concepcion M, Lizada C. 2007. Descriptive sensory evaluation of virgin coconut oil and refined, bleached and deodorized coconut oil. *LWT-Food Sci Technol* 40: 193–199. DOI: 10.1016/j.lwt.2005.11.007.
- Zhao H, Sood R, Jutila A, Bose S, Fimland G, Nissen-Meyer J, Kinnunen PKJ. 2006. Interaction of the antimicrobial peptide pheromone Plantaricin A with model membranes: Implications for a novel mechanism of action. *Biochim Biophys Acta* 1758: 1461–1474. DOI: 10.1016/j.bbamem. 2006.03.037.

Tabel 1. Konsentrasi bakteri asam laktat inokulum dan blondo sisa VCO

Isolat	Total Bakteri Asam Laktat (CFU.mL ⁻¹)	
	Inokulum	24 Jam Inkubasi
P1	1.7 × 10 ⁶ ±5.3 × 10 ⁴	1.7 × 10 ⁵ ±6.3 × 10 ⁴
P2	1.6 × 10 ⁶ ±7.5 × 10 ⁴	1.8 × 10 ⁵ ±7.9 × 10 ⁴
P3	1.8 × 10 ⁶ ±6.8 × 10 ⁴	1.7 × 10 ⁵ ±1.0 × 10 ⁵

P1= VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat mandai, P2 = VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat blondo kelapa, P3 = VCO-BAL asal *L. casei*

Tabel 2. Karakteristik fisikokimia dari VCO non BAL dan VCO-BAL asal *L. plantarum* dan *L. casei*

Sampel	Yield (% v/v)	ρ (g.mL ⁻¹)	KA (%)	SV	PV	FFA (%)
P0	23.0±0.89 ^a	0.86±0.03 ^b	0.04±0.01	163.6±2.23	0.66±0.40	0.12±0.02
P1	29.5±1.21 ^b	0.87±0.02 ^b	0.03±0.02	162.0±1.35	0.80±0.73	0.11±0.04
P2	25.3±3.08 ^a	0.89±0.03 ^c	0.05±0.02	163.1±2.51	0.86±0.55	0.11±0.02
P3	34.5±2.07 ^c	0.84±0.04 ^a	0.05±0.01	161.3±1.82	0.53±0.40	0.12±0.03

KA = kadar air, SV = bilangan penyabunan, PV = bilangan peroksida, FFA = bilangan asam lemak bebas. P0 = VCO non BAL, P1= VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat mandai, P2 = VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat blondo kelapa, P3 = VCO-BAL asal *L. Casei*

Tabel 3. Rata-rata zona hambatan dari tiap perlakuan produksi VCO terhadap bakteri uji *Escherichia coli* setelah inkubasi 24 jam pada suhu 37°C

Perlakuan	Rata-rata Penghambatan pada Bakteri Uji <i>E. Coli</i>	
	Diameter Zona Hambatan (mm)	% Penghambatan Rata-rata vs Kontrol Positif
P(-)	0.00	0
P(+)	11.10±0.53	100
P0	2.62±0.45 ^a	23.6
P1	4.95±0.65 ^b	44.6
P2	3.03±0.68 ^{ab}	27.3
P3	6.45±0.50 ^c	58.1

P(-) = akuades steril, P(+) = antibiotik kloramfenikol, P0 = VCO non BAL, P1= VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat mandai, P2 = VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat blondo kelapa, P3 = VCO-BAL asal *L. casei*. Nilai a,b, dan c merupakan kelompok dalam analisis BNT pada taraf 5%. Huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata antar perlakuan

Tabel 4. Rata-rata zona hambatan dari tiap perlakuan produksi VCO terhadap bakteri uji *Staphylococcus aureus* setelah inkubasi 24 jam pada suhu 37°C

Perlakuan	Rata-rata pada Bakteri Uji <i>S. aureus</i>	
	Diameter Zona Hambatan (mm)	% Penghambatan Rata-rata vs Kontrol Positif
P(-)	0.00	0
P(+)	10.20±0.55	100
P0	2.25±0.56 ^a	22.1
P1	4.05±0.80 ^b	39.7
P2	2.60±0.57 ^{ab}	25.5
P3	5.23±0.40 ^c	51.3

P(-) = akuades steril, P(+) = antibiotik kloramfenikol, P0 = VCO non BAL, P1= VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat mandai, P2 = VCO-BAL asal *L. plantarum* isolat blondo kelapa, P3 = VCO-BAL asal *L. casei*. Nilai a,b, dan c merupakan kelompok dalam analisis BNT pada taraf 5%. Huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata antar perlakuan.



Desain Produk Suplemen Labu dan Minyak Sawit Merah untuk Pencegahan Kekurangan Vitamin A

Anton Rahmadi*¹, Ilyas², Sukmiyati Agustin¹, Miftakhur Rohmah¹, Bernatal Saragih¹

¹Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda, INDONESIA

²Mahasiswa S1 Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda, INDONESIA

* Kontak penulis: arahmadi@unmul.ac.id

**Dipublikasikan di Indonesian Scholar Journal – Insight tahun
2013/2014**

Pendahuluan

Seiring dengan program pemerintah tentang kedaulatan pangan dan pemberdayaan produk lokal, diperlukan suatu upaya diversifikasi produk yang juga ditujukan untuk mencegah masalah akibat gizi buruk, misalnya kekurangan vitamin A. Berdasarkan data yang disampaikan Nadya (2010), di Indonesia terdapat satu orang per menit yang mengalami kebutaan akibat kurang vitamin A. Cakupan program vitamin A secara nasional berkisar 85-90% untuk balita dan 60-75% untuk ibu nifas (Nadya, 2010).

Masalah ini berkomplikasi dengan ketidakseimbangan konsumsi ataupun kemiskinan dan keterpencilan yang menyebabkan masyarakat tidak mampu mengakses suplemen kaya vitamin A, umumnya merupakan produk impor. Sebenarnya, sumber-sumber vitamin A dalam bentuk karotenoid dapat diperoleh dari laut berupa minyak ikan, atau darat berupa sayuran, buah-buahan, dan telur. Desain produk suplemen lokal kaya vitamin atau pro-vitamin A kombinasi pangan lokal yaitu labu dan minyak sawit merah menjadi signifikan. Ini disebabkan potensi wilayah Indonesia sebagai pusat produksi kelapa sawit sekaligus tanaman hortikultura seperti labu.

Penelitian terkait labu sebagai suplemen telah dimulai 20 tahun silam oleh Setyahartini (1994), sementara produk diet kaya minyak sawit telah disampaikan oleh Wulandari (2000) dan Bell *dkk* (2002). Untuk mengembangkan upaya-upaya terdahulu, Rahmadi *dkk* (2014) mendesain produk emulsi dengan bahan baku labu dan minyak sawit merah yang telah dibiayai oleh Pemerintah Propinsi Kalimantan Timur sebagai salah satu penelitian unggulan daerah.

Berkaitan dengan misi yang ingin disampaikan buku ini, tulisan disajikan dalam kerangka penyediaan informasi dan ide kepada generasi muda terkait potensi riset dan pengembangan produk berbasis lokal di Indonesia. Pada bagian awal akan dijelaskan tentang vitamin A berkaitan dengan karotenoid, sintesis karoten pada tumbuhan, sumber-sumber vitamin A, intervensi vitamin A, dan dosis vitamin A. Bagian selanjutnya menjelaskan proses desain

produk emulsi, uji penerimaan produk, uji kadar karotenoid, analisis biaya produksi, dan perhitungan dosis.

Vitamin A

Vitamin A merupakan salah satu zat gizi mikro esensial yang dibutuhkan oleh tubuh untuk mendukung pertumbuhan, pemeliharaan penglihatan, dan perkembangan sel juga embrio (Tang, 2010). Dalam klasifikasi vitamin, vitamin A atau yang biasa disebut retinol merupakan salah satu vitamin yang larut dalam lemak/minyak, sehingga seringkali ditemukan pada produk berbasis minyak dan lemak, seperti susu, telur, hati dan minyak hati, serta mentega.

Kekurangan vitamin A sudah diindikasikan terjadi di komunitas balita dari masyarakat Indonesia, utamanya di Kalimantan Timur, sejak dua dekade yang lalu berdasarkan hasil penelitian Setyahartini (1994). Padahal, Kalimantan Timur memiliki potensi buah-buahan dan sayuran yang kaya akan karotenoid. Labu (*Cucurbita moschata*) adalah salah satu tanaman hortikultura yang banyak ditemukan di Kalimantan Timur. Produk kaya karotenoid merupakan salah satu pasar makanan fungsional yang memiliki tingkat penjualan yang tinggi (Rahmadi *dkk*, 2014).

Karotenoid sebagai pro-vitamin A

Selain dalam bentuk aktif (retinol), terdapat prekursor vitamin A, yaitu karotenoid yang ditemukan pada kloroplas tanaman dan berfungsi sebagai katalisator dalam fotosintesis. Karotenoid umum terdapat di alam dan merupakan antioksidan alami larut lemak. Karotenoid, selain sebagai prekursor vitamin A, juga berperan dalam pemberian warna pada beberapa jenis buah, sayuran, dan kerang-kerangan (Jaswir *dkk*, 2011).

Di dalam tubuh, selama masa penyerapan, karotenoid akan dikonversi menjadi retinol. Aktivitas pro-vitamin A dari β -karoten terjadi secara enzimatik

di dalam mukosa intestinal melalui bantuan enzim dioksigenase menjadi senyawa retinal yang kemudian direduksi menjadi retinol (Groeber, 2013). Aktivitas antioksidan karotenoid diperoleh dari senyawa likopen, β -karoten, dan lutein yang semuanya membantu proses penghambatan peroksidasi lemak dengan mekanisme peningkatan resistensi *low density lipoprotein* (LDL) dari proses oksidasi. Perlindungan oksidatif terhadap cahaya ditemukan pada proses penghambatan inflamasi sel kulit dan pembentukan katarak. Efek antioksidatif selanjutnya diperoleh dengan cara inaktivasi oksigen singlet pada sitoplasma (Groeber, 2013).

Salah satu bentuk karotenoid yang paling aktif adalah β -karoten, sebuah padatan berwarna merah dengan ukuran molekul yang lebih besar bila dibandingkan dengan retinol dan merupakan hidrokarbon tak jenuh, bukan alkohol (Lean, 2013). β -karoten merupakan salah satu prekursor vitamin A, dicirikan dengan cincin β -ionon (Groeber, 2013).

Selain β -karoten, lutein, likopen, *zeaxanthin*, *cryptoxanthin*, dan α -karoten juga merupakan karotenoid penting sumber pro-vitamin A (Almatsier, 2006). Karotenoid dan turunannya seperti retinol dan asam trans-retinoat memiliki fungsi menjaga kesehatan syaraf pengelihatian dan motorik, juga berguna dalam menjaga jalinan komunikasi antar sel syaraf sendiri (Rahmadi, 2013). Ayustaningwarno (2012) menyebutkan bahwa α -karoten merupakan antioksidan kuat yang berpotensi mengurangi resiko beberapa kanker seperti kanker hati, paru-paru, pankreas, dan lambung, selain itu juga berpotensi mengurangi atherosclerosis di dalam arteri.

Sintesis karoten pada tumbuhan

Berdasarkan beberapa penelitian (Hannoufa dan Hossain, 2011; Norman, 1991; Setyahartini, 1994), karotenoid dapat dibiosintesis dari asam asetat, asam absisat dan D-glukosa melalui proses kondensasi enzimatik yang ketiganya akan bertemu pada jalur farnesil pirofosfat untuk kemudian membentuk β -karoten. Pembentukan karotenoid ini berbanding lurus dengan ke-

matangan buah dan berbanding terbalik dengan kadar klorofil daging buah. Semakin tua, kadar karotenoid buah akan semakin meningkat, sementara kadar klorofilnya menurun. D-glukosa dan asam asetat diubah melalui jalur terpenoid membentuk GGPP dan selanjutnya fitoen dengan rantai C-40 (Hannoufa dan Hossain, 2011; Setyahartini, 1994). Dehidrogenasi, siklisasi, dan isomerasi fitoen akan menghasilkan isomer-isomer senyawa karotenoid. Isomer α -, β -, τ -, dan δ -karoten terdapat pada daging buah labu merah secara bersamaan. Pada pematangan buah, peningkatan karoten juga diikuti dengan penurunan kadar glukosa, fruktosa, dan sukrosa, serta asam askorbat. Ditinjau dari siklus biosintesis karotenoid, perubahan D-glukosa menjadi β -karoten menjelaskan sebab penurunan kadar glukosa di buah labu matang (Hannoufa dan Hossain, 2013).

Sintesis karoten pada pematangan buah dipengaruhi oleh iklim yang terdiri dari komposisi gas di udara, cahaya ultraviolet, dan suhu. Selain itu, kandungan mineral tanah dan varietas tanaman. Pemberian senyawa pengontrol aktivitas enzim seperti difenil amin, 2-hidroksi bifenil, dan 9-fereorema akan menghambat dehidrogenasi fitofluen, tetapi memacu siklisasi dan isomerase karoten. (Setyahartini, 2014).

Sumber Vitamin A

Sumber-sumber vitamin A secara umum banyak terdapat pada sayuran, buah-buahan, hati, minyak ikan, dan kuning telur. Dilihat dari sumbernya, minyak hati ikan dan minyak sawit merah merupakan penyedia terbesar yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku produk emulsi kaya pro-vitamin A.

Tabel 1. Nilai rata-rata kandungan vitamin A dalam makanan

Makanan	Equivalensi Retinol ($\mu\text{g}/100\text{g}$)
Makanan yang mengandung retinol	
Minyak hati ikan halibut*	90.000
Minyak hati ikan kod*	18.000
Hati sapi**	13.170
Mentega*	1.059
Kuning telur bebek**	861
Makanan yang mengandung karoten	
Minyak sawit merah*	20.000
Daun pepaya**	5.475
Daun katuk**	3.111
Ubi jalar merah**	2.310
Wortel*	2.233
Labu**	7.385 (UI)

Sumber : * Almatsier (2006), ** USDA (2014)

Labu

Cucurbita moschata dikenal sebagai labu merah atau labu kuning. Labu kuning, dikenal di Kalimantan Timur dan Selatan sebagai wuluh, merupakan tumbuhan menjalar yang memiliki potensi tinggi sebagai penyedia mikronutrien β -karoten.

Labu kuning mudah ditanam dan dipelihara. Disamping kandungan β -karoten yang cukup tinggi, buah labu kuning memiliki daya tahan yang kuat dan dapat disimpan dalam waktu yang lama tanpa mengurangi kualitas. Labu dapat memiliki

umur simpan mencapai enam bulan setelah dipanen, asalkan kulit buah tidak mengalami kerusakan dan tempat penyimpanan bersih dan tidak lembab (Santosa dan Kusumayanti, 2012).

Labu memiliki komposisi dominan karbohidrat dalam bentuk senyawa fruktosa, glukosa, sukrosa, maltosa, selulosa, pektin dan oligosakarida lainnya. Labu memiliki kandungan lemak sekitar 0,3 g/100 g buah dalam bentuk senyawa tidak berbau, tidak berwarna, namun mudah teroksidasi pada pH netral. Karoten pada labu terdapat pada daging buah yang didominasi oleh β -karoten sekitar 832 $\mu\text{g/g}$ buah, atau 37,2 % total karoten dari buah labu (Setyahartini, 1994).

Schoefs (2002) menyebutkan bahwa karotenoid merupakan salah satu komponen pigmen yang umum ditemukan di sayuran dan buah-buahan. Setyahartini (1994) menemukan beberapa komponen karotenoid di dalam labu seperti β -karoten dan *cucurbitaxanthin*. Penelitian terbaru (Jacobo-Valenzuela *dkk*, 2011) menghasilkan karakterisasi kimia dan fisikokimia dari *C. moschata*,

dimana kadar total serat sebanyak 19,1%, pektin 7,3%, dan karotenoid 2,7 mg β -karoten/g produk. Dari sisi mineral, daging buah *C. moschata* unggul dalam kandungan K sebanyak 42,194 g/kg, Ca sebanyak 6,685 g/kg, dan P sebanyak 3,040 g/kg. Buah-buahan, termasuk labu, memiliki karakteristik sensoris, kandungan β -karoten dan antioksidan (dalam %DPPH) yang berkaitan dengan kualitas kultivar yang ditanam (Gajewski *dkk*, 2008).

Menurut Wijayakusuma (2005) labu kuning menyimpan beragam manfaat bagi kesehatan karena mengandung Vitamin A, B₁, B₂, C, lemak tak jenuh, protein, dan mineral. Berdasarkan penelitian terdahulu, bioavailabilitas dari sari labu sebagai sumber karotenoid terhadap balita termasuk yang cukup baik dibandingkan dengan sayuran hijau dan wortel (Setyahartini, 1994). Ekstrak labu kuning juga mampu menurunkan kadar kolestrol total, trigliserida, LDL (*Low Density Lipoprotein*), dan meningkatkan kadar HDL (*High Density Lipoprotein*) atau kolestrol baik dalam darah dengan memberi 130 g labu atau 40 ml ekstrak labu kuning kepada 27 tikus putih yang

sebelumnya diberi diet tinggi lemak (Trubus, 2013). Labu kuning juga mengandung inulin dan serat pa-

ngan yang sangat dibutuhkan untuk pemeliharaan kesehatan (Ramadhani *dkk*, 2012).

Minyak Sawit

Minyak sawit, berasal dari ekstrak buah sawit (*Elaeis guineensis*), merupakan salah satu sumber karotenoid yang tinggi (Sirait, 2007; Rossi *dk*, 2001). Minyak sawit merah mengandung setidaknya 12 komponen karotenoid dengan komponen dominan α - dan β -karoten. Komponen lainnya adalah mono- dan di-epoksida, α - dan β -hidrokarbon isomerik dari karoten, serta fitoene. Konsentrasi α - dan β -karoten dari minyak sawit yang diperoleh adalah minimum 506 ppm sebelum dibuat menjadi konsentrat (Ng dan Tan, 1988). Pemekatan total karotenoid dengan proses distilasi molekuler mampu menghasilkan 30,000 ppm karotenoid dari minyak sawit merah (Batistella *et al*, 2002).

Minyak sawit diketahui memiliki nutrisi makro dan mikro yang bermanfaat untuk kesehatan manusia, antara lain α -, β -, - karoten, vitamin E (tokoferol dan tokotrienol), likopene, lutein, sterol, asam lemak tidak jenuh dan ubiquinone.

(Ayustaningwarno, 2012). Karoten terdapat dalam jumlah 500-700 ppm dengan didominasi oleh α dan β -karoten dengan variasi konsentrasi 1-30%. Syahputra *dkk* (2008) menyebutkan kandungan karoten dalam minyak sawit kasar (CPO) dipengaruhi oleh varietas dan kematangan buah. Kandungan karotenoid CPO dari varietas Tenera berkisar antara 500-700 ppm, sedangkan varietas Dura yang berasal dari Nigeria berkisar antara 800-1600 ppm. Hal ini menjadi perhatian utama setelah adanya persyaratan minimum kadar total karoten sebesar 500 mg/kg CPO dari negara-negara importir.

Vitamin E juga terdapat pada minyak sawit dengan kisaran konsentrasi 600-1000 ppm, terdapat dalam bentuk tokotrienol (70%) dan tokoferol (30%). Minyak sawit juga mengandung sterol dengan kisaran 250-620 ppm, dengan didominasi oleh β -sitosterol yang bersifat hipokolesterolemik (Basiron, 2004).

Minyak sawit merah telah digunakan sebagai intervensi untuk menurunkan prevalensi penyakit terkait defisiensi vitamin A. Misalnya, serum ibu untuk α -karoten dan β -karoten meningkat dua kali setelah intervensi minyak sawit merah selama 10 hari pada konsentrasi 90 mg setara β -karoten. Hasil ini juga menunjukkan bahwa keterserapan minyak sawit merah adalah 67% lebih baik daripada suplemen β -karoten murni (Canfield *dkk*, 2001). Salah satu penyebab bioavailabilitas minyak sawit merah yang tinggi dibandingkan dengan suplemen β -karoten murni adalah sinergisme antara tokotrienol dan karotenoid sebagai antioksidan di minyak sawit merah (Rossi *dkk*, 2001; Batistella *dkk*, 2002).

Minyak sawit dahulu sering diklaim meningkatkan kolesterol darah di-

bandingkan dengan minyak jagung, minyak kedelai, minyak biji bunga saff, dan minyak biji bunga matahari. Akan tetapi, total kolesterol endogenus ternyata berkurang. Fenomena ini dijelaskan sebagai peningkatan ketersediaan tokotrienol dengan posisi isomer yang unik dan mampu menurunkan risiko trombotosis arteri, aterosklerosis, agregasi platelet, dan sekaligus menurunkan biosintesis kolesterol (Edem, 2002). Akan tetapi, diet kaya minyak sawit merah harus diimbangi dengan minyak kaya PUFA, dikarenakan diet eksklusif minyak sawit (>50% CPO) yang diujikan pada ikan salmon ternyata menurunkan kadar omega-3 dan omega-6 dari ikan salmon (Bell *dkk*, 2002).

Intervensi Vitamin A

Di negara-negara berkembang, kecenderungan anak-anak mengalami defisiensi vitamin A cukup banyak. Sebagai contoh, di Kongo, Afrika, terdapat 0,7% anak terindikasi rabun senja, 7,7% memiliki titik-titik bitot pada mata (Samba *dkk*, 2006). Di Indonesia pada tahun 2008 terdapat pernyataan bahwa setiap satu menit, terdapat satu orang yang mengalami kebutaan akibat gizi buruk, utamanya karena kurang vitamin A (Nadya, 2010). Intervensi vitamin A perlu dilakukan utamanya di daerah pedesaan yang asupan

gizinya tidak imbang disebabkan oleh kemiskinan atau keterbelakangan. Serum β -karoten balita di Kalimantan timur setelah intervensi vitamin A menurut Setyahartini (1994) meningkat sebesar 30-80 $\mu\text{g}/\text{dl}$ setelah balita mengkonsumsi daging buah labu setara 250-400 μg ekivalen retinol. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang menyatakan bahwa dua minggu pasca intervensi vitamin A dalam dosis tinggi, kadar retinol, retinol terikat protein, hemoglobin, hematokrit, besi darah, dan transferrin meningkat (Bloem *dkk*, 1990).

Model-model intervensi vitamin A menurut WHO (2009) terbagi ke dalam tiga kategori: (a) suplementasi, (b) fortifikasi, dan (c) diversifikasi diet. Suplementasi dilakukan setiap enam bulan untuk balita berusia 6 bulan hingga 5 tahun. Penyediaan vitamin A dosis tinggi terbukti aman, murah, dan efisien dalam mencegah defisiensi vitamin A dan ketahanan balita. Suplementasi juga dapat diberikan kepada ibu menyusui untuk meningkatkan kemampuan bertahan hidup bayi pada usia sangat muda. Selain itu, suplementasi vitamin A bagi ibu juga mengembalikan konsentrasi vitamin A yang umumnya terki-kis dalam periode kehamilan dan menyusui (WHO, 2009).

Fortifikasi dilakukan di beberapa negara untuk meningkatkan kontrol ketersediaan vitamin A dalam jangka panjang. Produk-produk yang dapat difortifikasi adalah gula, minyak goreng, susu, margarin, makanan balita, dan beberapa jenis tepung. Dalam banyak kasus, fortifikasi baru akan memberikan hasil lebih lama dibandingkan suplementasi. Fortifikasi bertujuan sebagai alat untuk menjaga ketersediaan vitamin A setelah proses suplementasi dilakukan, utamanya di negara-negara Amerika latin untuk anak-anak berusia 6 hingga 24 bulan. Kontrol fortifikasi dilakukan secara reguler melalui lembaga seperti posyandu (WHO, 2009).

Diversifikasi diet dilakukan dengan meningkatkan konsumsi sumber-sumber makanan nabati. Diversifikasi makanan ini berpengaruh terhadap 80% dari intake vitamin A di masyarakat negara maju. Peningkatan diversifikasi asupan dari sumber-sumber nabati perlu dilakukan dikarenakan bioavailabilitas dari vitamin A asal nabati sangat baik, misalnya dari buah dan sayuran (WHO, 2009).

Dosis Vitamin A

Rekomendasi asupan vitamin A dan nutrisi lain yang disediakan dalam rekomendasi asupan diet (DRIs) bervariasi menurut usia dan jenis kelamin. Batas asupan maksimal (*recommended dietary allowance*, RDA) untuk vitamin A diberikan sebagai mcg (μg) setara aktivitas retinol (RAE) untuk menjelaskan bioavailabilitas yang berbeda antara retinol dan karotenoid sebagai provitamin A. Tubuh akan mengkonversi semua sumber makanan dari vitamin A ke dalam bentuk retinol. Secara fisiologis, 1 μg retinol setara dengan 12 μg β -karoten, atau 24 μg α -karoten atau β -*cryptoxanthin*. Apabila sumber β -karoten berasal dari produk suplemen, tubuh akan mengkonversi 2 μg β -karoten untuk 1 μg retinol (Otten *dkk*, 2006).

Bentuk lain dari pengukuran aktivitas vitamin A sebanyak 1 UI dapat diperoleh dengan konversi sebanyak 0,6 μg β -karoten, sehingga 20-30 mg β -karoten setara dengan 33.000 – 50.000 UI (Groeber, 2013). Dalam perhitungan berbasis nilai equivalen setara retinol (*retinolic activity equivalent*, RAE) 1 UI retinol setara dengan 0,3 μg RAE, 1 UI β -karoten (suplemen) setara 0.15 μg RAE, 1 UI β -karoten (makanan) setara 0.05 μg RAE, dan 1 UI α -karoten atau β -*cryptoxanthin* setara 0.025 μg RAE (Otten *dkk*, 2006).

Asupan maksimal (RDA) vitamin A bagi pria remaja dan dewasa adalah 900 μg RAE atau setara dengan 3.000 UI suplemen retinol. Akan tetapi, RDA ini juga setara dengan 6.000 UI β -karoten dari suplemen, 18.000 UI β -karoten dari makanan, atau 36.000 UI alfa-karoten atau β -*cryptoxanthin* dari makanan. Diet campuran yang mengandung 900 μg RAE perlu menyediakan antara 3.000 dan 36.000 IU vitamin A, tergantung pada jenis makanan yang dikonsumsi (Otten *dkk*, 2006). Status karotenoid yang baik menurut Groeber [8] adalah β -karoten > 0,4 $\mu\text{mol/L}$ (21 $\mu\text{g/dL}$), likopen > 0.5 $\mu\text{mol/L}$, lutein > 0,6 $\mu\text{mol/L}$. Seseorang dikatakan menderita defisiensi vitamin A apabila kadar serum β -karotennya < 0,3 $\mu\text{mol/L}$.

Status vitamin A berdasarkan konsentrasi plasma pada wanita dan pria normal berturut-turut adalah 40-70 $\mu\text{g/dL}$ dan 42,5-83 $\mu\text{g/dL}$ (Groeber, 2013),

sedangkan dalam Asfianti *dkk* (2013), defisiensi vitamin A terjadi apabila kadar vitamin A serum <20 µg/dL. Apabila kekurangan vitamin A, penderita akan mengalami buta senja (penurunan fungsi penglihatan), perubahan pada kulit, gangguan pertumbuhan, infeksi, dan keratinisasi sel rasa pada lidah. Namun, konsumsi vitamin A wajib memperhatikan batas maksimal karena kelebihan vitamin A akan memicu beberapa masalah kesehatan seperti pusing, rasa nek, rambut rontok, kulit kering, anoreksia, dan sakit pada tulang. Akan tetapi, menurut Almatsier (2006), gejala kelebihan ini hanya terjadi apabila Vitamin A dikonsumsi dalam bentuk retinol.

Batas asupan maksimal vitamin A diatur berdasarkan usia, jenis kelamin, dan keadaan biologis seperti kehamilan dan menyusui (Institute of Medicine, 2001). Kelebihan vitamin A akan menyebabkan keracunan yang berujung pada peningkatan risiko penyakit jantung dan kanker (Solomons, 2006).

Karoten tidak menimbulkan gejala kelebihan asupan, karena penyerapan karoten akan menurun/terhenti apabila kebutuhan telah terpenuhi. Karoten yang berlebih tidak diubah menjadi vitamin A, akan tetapi disimpan di dalam lemak. Apabila lemak di bawah kulit mengandung banyak karoten, warna kulit akan menjadi kekuningan. Konsumsi karoten akan lebih aman dalam pemenuhan kebutuhan vitamin A harian. (Groeber, 2013).

Desain Produk Suplemen Pro-Vitamin A

Untuk mengatasi kekurangan vitamin A, sekaligus diversifikasi pangan berbasis lokal, maka dilakukan desain produk emulsi kaya pro-vitamin A dengan bahan dasar labu dan minyak sawit merah.

Persiapan Bahan

Dalam persiapan bahan yang penting untuk diperhatikan adalah kesegaran bahan baku. Labu dipi-

lih yang berwarna kuning tua dan matang. Selanjutnya labu dikupas, dikecilkan ukurannya, diambil sari

buahnya menggunakan *food processor*, untuk selanjutnya di pasteurisasi dan disaring. Sari labu yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk pembuatan produk emulsi.

CPO harus dicek kadar asam lemak bebas awal, dimana standar CPO segar memiliki kadar FFA < 3 %. Proses netralisasi asam lemak bebas dan penghilangan gum dilakukan dengan penambahan air hangat dan penambahan NaOH 10 % sebanyak perkiraan mL yang cukup untuk menetralkan kadar FFA awal (3 %). Pembilasan dilakukan secara berulang untuk memastikan gum dan Na-FFA atau sabun terbuang sempurna. Selanjutnya, produk didiamkan selama satu malam untuk proses pemisahan fraksi olein dan stearin. Dalam hal ini, minyak sawit merah diambil hanya dari fraksi olein dengan yield berkisar 60-70 % CPO. Proses deodorisasi dilakukan menggunakan rotavapor dengan beberapa alternatif cara sesuai kemampuan alat dan kapasitas produksi.

Berbagai proses deodorisasi pada minyak sawit merah telah diteliti sebelumnya. Wulandari (2000) menggunakan suhu 180 °C selama 20 menit untuk menghasilkan pro-

duk minyak sawit merah dengan kadar karotenoid 249 ppm dan asam lemak bebas 0,2 %. Siahaan *dkk* (2003) melaporkan bahwa deodorisasi pada suhu 160 °C selama 120 menit di bawah tekanan 15 cmHg menghasilkan minyak sawit merah dengan kandungan karoten 518 ppm dan asam lemak bebas 0,171 %.

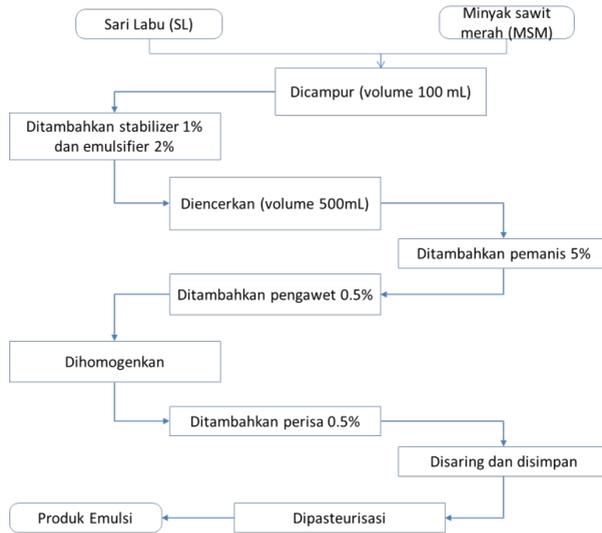
Teknik deodorisasi yang digunakan dalam penelitian Rahmadi *dkk* (2013) mengacu pada prosedur Rismawati (2009). Dedodorisasi dilakukan pada suhu disekitar titik didih air (100 °C) dibantu dengan kondisi tekanan yang rendah (60 mmHg) agar mampu menjaga kadar karotenoid total untuk olein dan stearin minyak sawit merah sampai dengan lama waktu deodorisasi 6 jam. Berdasarkan hasil penelitian Rismawati (2009), kandungan karotenoid pada olein dan stearin minyak sawit merah sebelum dideodorisasi adalah 494,070 ppm dan 221,870 ppm, diukur menggunakan metode PORIM. Kadar karotenoid total setelah proses deodorisasi selama 6 jam pada olein dan stearin minyak sawit merah adalah 458,600 ppm dan 218,370 ppm.

Formulasi

Proses formulasi emulsi labu dan minyak sawit merah dilakukan dengan penambahan stabilizer yang berfungsi untuk menstabilkan emulsi. Selain itu digunakan pula emulsifier yang berfungsi untuk menjaga tegangan permukaan antara droplet lemak di dalam minyak tetap dalam kondisi stabil dan tidak berpisah (Rahmadi *dkk*, 2013). Dalam formulasi ini digunakan gum sebagai emulsifier dan karboksi metil selulase (CMC) sebagai stabiliser. Adapun penentuan konsentrasi gum dan CMC dilakukan dengan cara *trial and error* sehingga diperoleh konsentrasi optimal per *batch* produksi. Basis produksi yang digunakan untuk setiap reseponya adalah 500 mL.

Proses penambahan emulsi dan stabilizer dilakukan diawal sebelum proses pengenceran ,yang berfungsi untuk pembentukan produk emulsi dengan lebih baik untuk kemudian diencerkan dengan perbandingan 1:4 untuk memudahkan perhitungan dosis. Beberapa jenis pemanis yang mungkin digunakan adalah pemanis buatan *foodgrade*, gula, atau-

pun pemanis berbasis buah-buahan (fruktosa). Hasil awal formulasi menunjukkan properti rasa manis dan enak lebih muncul pada pemanis berbasis fruktosa. Pengawet asam sitrat ditambahkan dengan kadar 0,5% disertai dengan penambahan perasa oranye/lemon dengan konsentrasi 0,5%. Penambahan pewarna dan perasa makanan dilakukan untuk menyembunyikan rasa dan aroma khas minyak sawit. Produk akhir disimpan di botol gelap kemasan 100mL. Selanjutnya, pasteurisasi dilakukan di akhir yang bertujuan untuk memusnahkan bakteri patogen yang mungkin mengkontaminasi selama proses pengolahan.



Gambar 1. Bagan alir tahap formulasi produk emulsi sari labu dan minyak sawit merah (Rahmadi *dkk*, 2014)

Penerimaan dan Karakteristik Produk

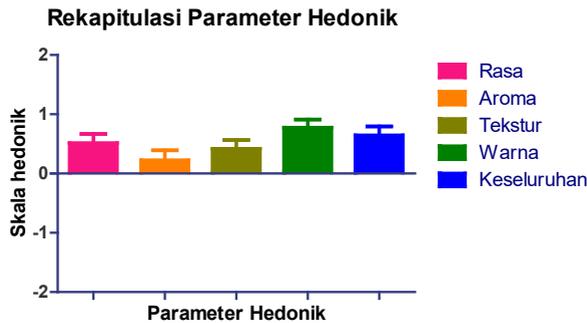
Uji mutu hedonik digunakan untuk mengetahui preferensi panelis terhadap ke-enam formulasi emulsi labu-minyak sawit merah. Sebanyak 30 panelis diminta penilaiannya akan parameter palatabilitas yang terdiri dari rasa (manis, asam, dan pahit), aroma (mentah dan tengik). Angka yang diperoleh kemudian ditransformasikan dalam skala positif dan negatif, yaitu: minus dua (-2) untuk sangat tidak terasa, minus satu (-1)

untuk tidak terasa, nol (0) untuk netral, positif satu (1) untuk terasa, dan positif dua (2) untuk sangat terasa. Bila terdapat pengaruh yang berbeda nyata pada taraf α 5% pada sidik ragam maka dilakukan uji lanjut dengan metode Tukey test.

Berdasarkan hasil penelitian Rahmadi *dkk* (2014) didapatkan bahwa produk sari labu dan minyak sawit (90%:10%) adalah yang terbaik dari

sisi penerimaan konsumen. Produk emulsi ini selanjutnya dikarakterisasi berdasarkan parameter penerimaan yang terdiri dari rasa, aroma, tekstur, warna, dan penerimaan keseluruhan. Dari Gambar 2, didapat-

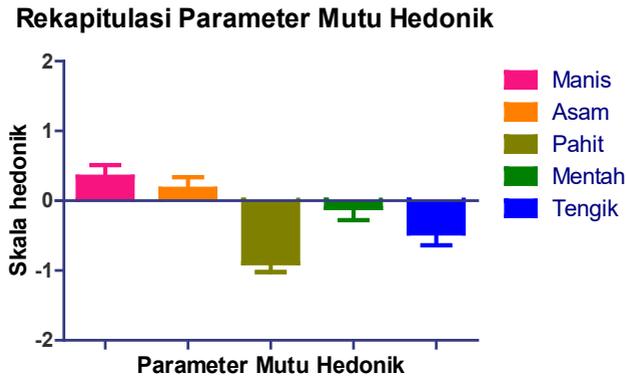
kan profil produk emulsi 90% labu memiliki tingkat penerimaan netral untuk aroma (skor mendekati nol) dan cenderung disukai (skor mendekati 1) untuk parameter-parameter hedonik lainnya.



Gambar 2. Rekapitulasi hasil uji hedonik produk emulsi 90% labu (Rahmadi *dkk*, 2014)

Produk emulsi 90% labu selanjutnya dikarakterisasi berdasarkan parameter penerimaan yang terdiri dari rasa manis, rasa asam, rasa pahit, aroma mentah, dan aroma tengik Angka yang diperoleh kemudian ditransformasikan dalam skala positif dan negatif, yaitu: minus dua (-2) untuk sangat tidak disukai, minus satu (-1)

untuk tidak disukai, nol (0) untuk netral, positif satu (1) untuk disukai, dan positif dua (2) untuk sangat disukai. Didapatkan profil produk emulsi 90% labu memiliki tingkat penerimaan netral untuk aroma mentah dan rasa asam, mendekati manis, tidak pahit, dan tidak tengik (Gambar 3).



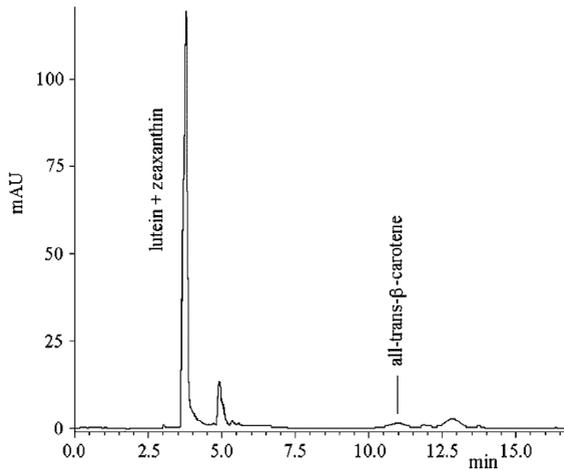
Gambar 3. Rekapitulasi hasil uji mutu hedonik produk emulsi 90% labu (Rahmadi *dkk*, 2014)

Kadar Karotenoid

Dalam proses deteksi karotenoid menggunakan HPLC, urutan senyawa terdeteksi adalah α -karoten, all-trans- β -karoten, 9-cis- β -karoten, 13-cis- β -karoten, dan 15 cis- β -karoten (Bononi *dkk*, 2002). Hasil ini identik dengan laporan Syahputra *dkk* (2008) yang menyebutkan bahwa α -karoten, all-trans- β -karoten akan terdeteksi lebih awal dibandingkan dengan senyawa-senyawa cis- β -karoten.

Selain senyawa α -zeakaroten, β -zeakaroten, α -karoten, all-trans- β -karoten, 9-cis- β -karoten, 13-cis-

- β -karoten, dan 15 cis- β -karoten, terdapat senyawa lutein dan *zeaxanthin* alami pada buah-buahan, misalnya pada labu merah. Lutein dan *zeaxanthin* akan memiliki puncak di awal deteksi seperti yang dilaporkan oleh Bononi *dkk* (2002). Hasil ini memperkuat penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa komponen *zeaxanthin* terdapat secara alamiah di dalam labu (Setyhartini, 1994).



Gambar 4. Puncak lutein, zeaxanthin, dan all-trans-β-karoten dalam uji HPLC-PDA (Bononi *dkk*, 2002).

Hasil analisis HPLC terhadap produk emulsi sari labu 90% dan minyak sawit 10% menunjukkan bahwa komponen karotenoid dari produk emulsi didominasi oleh lutein, *zeaxanthin*, trans-β-karoten dan cis-β-karoten. Keempat komponen ini menjadi kekhasan

dari produk emulsi yang diteliti. Dikarenakan keterbatasan standar, maka hanya dilakukan perhitungan berdasarkan kandungan trans-β-karoten, dimana produk emulsi memiliki kadar trans-β-karoten sebesar $141,65 \pm 0,47$ mg/L.

Analisis Biaya Produksi Sederhana

Diperlukan 1 buah labu segar sekira dua kg untuk menghasilkan 500 mL sari labu, sedangkan CPO akan menghasilkan rendemen sekitar 60-70% minyak sawit merah fraksi olein yang selanjutnya di deodorisasi selama lima jam. Penggunaan bahan tambahan pangan (BTP) adalah pada stabilizer sebanyak 0,2% (b/v), emulsifier 0,4% (b/v), pemanis berbasis fruktosa 5% (b/v), pengawet 0,5% (b/v), pewarna dan perasa makanan 0,5% (b/v). Kom-

ponen air ditambahkan sebagai pengencer konsentrat emulsi labu dan minyak sawit merah. Faktor produksi yang termahal selain proses deodorisasi adalah bahan baku, kemasan, dan biaya tenaga kerja (Tabel). Berdasarkan analisis sederhana terhadap faktor-faktor produksi, diperoleh harga dasar produk emulsi labu dan minyak sawit merah ini adalah Rp. 15,000 per Desember 2014. Bila menggunakan kemasan 300 mL, produk diharapkan mampu bertahan selama 3 minggu untuk konsumsi rutin seorang anak.

Perhitungan Dosis

Hasil analisis total karotenoid dengan metode HPLC memberikan hasil rata-rata 142 mg/L setara trans β -karoten. Berdasarkan Groeber (2013), pengukuran aktivitas vitamin A sebanyak 1 UI dapat diperoleh dengan konversi sebanyak 0,6 μ g β -karoten. Artinya, setiap liter produk emulsi labu dan minyak sawit merah mengandung 236,667 UI aktivitas vitamin A, atau 237 UI/mL produk. Adapun asupan harian maksimal vitamin A menurut Institute of Medicine (2001) adalah 3,000 UI untuk anak-anak usia 4-8 tahun dan 10.000 UI untuk dewasa, ibu melahirkan, dan ibu menyusui.

Berdasarkan asumsi tiga kali konsumsi per hari, maka ditetapkan dosis maksimal harian per konsumsi adalah 3 sendok makan (sdm) atau 15 mL untuk dewasa dan 1 sendok makan (sdm) atau 5 mL untuk anak-anak. Adapun dosis rekomendasi harian dengan asumsi tiga kali konsumsi per hari adalah 1-2 sendok makan (sdm) atau 9 mL untuk dewasa dan 1-2 sendok teh (sdt) atau 4 mL untuk anak-anak.

Penutup

Desain produk suplemen labu dan minyak sawit merupakan suatu contoh pengembangan produk berbasis sumberdaya lokal yang dimaksudkan untuk pencegahan kekurangan vitamin A. Kedua bahan baku secara alamiah mengandung pro-vitamin A dalam kadar yang sangat tinggi yang kurang ter-

utilisasi dalam pemanfaatan aspek fungsionalnya. Emulsi labu dan minyak sawit merah secara umum dapat diterima konsumen dengan ciri produk manis, agak asam, tidak pahit, tidak tengik dan tidak terasa aroma mentah. Dari sisi fungsional, produk emulsi memiliki kadar trans β -karoten sebesar $141,65 \pm 0,46$ mg/L atau setara 236,667 UI aktivitas vitamin A. Dosis yang diberikan maksimal untuk dewasa, ibu melahirkan dan ibu menyusui adalah 15 mL per konsumsi, sementara dosis maksimal untuk anak-anak adalah 5 mL per konsumsi. Dari sisi harga, emulsi labu dan minyak sawit dapat dibuat dengan biaya Rp. 15.000 pada basis produksi 500 mL. Pengembangan produk suplemen berkaitan dengan upaya intervensi gizi buruk lainnya dapat dilakukan dengan cara serupa, yaitu memanfaatkan produk lokal hasil bumi Indonesia.

Daftar Pustaka

- Almatsier, S. 2006. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Asfianti, F., Nazir, H. M., Husin, S., dan Theodorus. 2013. Pengaruh Suplementasi Seng dan Vitamin A Terhadap Kejadian ISPA dan Diare pada Anak. *Sari Pediatri*, Vol. 15, No. 2, Agustus 2013.
- Ayustaningwarno, F. 2012. Proses Pengolahan dan Aplikasi Minyak Sawit Merah pada Industri Pangan. *Vitasphere*, volume II, Agustus 2012, hal. 1-11.
- Basiron, Y., dan Weng, C. K.. 2004. The Oil Palm and Its Sustainability. *Journal of Oil Palm Research* Vol. 16 No. 1, June 2004, p. 1-10
- Batistella, C.B., Moraes, E.B., Maciel Filho, R., Wolf Maciel, M.R. 2002. Molecular Distillation Process for Recovering Biodiesel and Carotenoids from Palm Oil. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 2002: 1149-1159.

- Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher, D.R., McGhee, F., Dick, J.R., Porter, A., Smullen, R.P., Sargent, J.R. J. 2002. Substituting Fish Oil with Crude Palm Oil in the Diet of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Affects Muscle Fatty Acid Composition and Hepatic Fatty Acid Metabolism. *Nutr.* 132(2): 222-230.
- Bloem, M.W., Wedel, M., van Agtmaal, E.J., Speek, A.J., Saowakontha, S., Schreurs, W.H.P. 1990. Vitamin A intervention: short-term effects of a single, oral, massive dose on iron metabolism. *Am J Clin Nutr* 51:76-9.
- Bononi, M., Commissati, I., Lubian, E., Fossati, A. 2002. A simplified method for the HPLC resolution of α -caroten and β -caroten (trans and cis) isomers. Short Communication. *Anal. Bioanal. Chem.* 372: 401-403. DOI: 10.1007/s00216-001-1144-3.
- Canfield, L.M., Kaminsky, R.G., Taren, D.L., Shaw, E., Sander, J.K. 2001. Red palm oil in the maternal diet increases provitamin A carotenoids in breastmilk and serum of the mother-infant dyad. *European Journal of Nutrition* 40(1): 30-38.
- Edem, D.O. 2002. Palm oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological and toxicological aspects: A review. *Plant Foods for Human Nutrition* 57(3-4): 319-341.
- Gajewski, M., Radzanowska, J., Danilcenko, H., Jariene, E., Cerniauskiene, J. 2008. Quality of Pumpkin Cultivars In Relation To Sensory Characteristics. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj* 36 (1): 73-79.
- Groeber, U. 2013. Mikronutrien: Penyelesaian Metabolik, Pencegahan, dan Terapi. Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Hannoufa, A., Hossain, Z. 2011. Carotenoid biosynthesis and regulation in plants. *Plant Lipid Biochemistry. The AOCS Lipid Library.*

- Institute of Medicine. 2001. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. National Academy Press, Washington DC.
- Jacobo-Valenzuela, N., Zazueta-Morales J.D.J., Gallegos-Infante, J.A., Aguilar-Gutierrez, J., Camacho-Hernández, I.L., Rocha-Guzman, N.L., Gonzalez-Laredo, R.F. 2011. Chemical and Physicochemical Characterization of Winter Squash (*Cucurbita moschata* D.) *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 39(1): 34-40.
- Jaswir, I., Noviendri, D., Hasrini, R. F., dan Octavianti F. 2011. Carotenoids : Sources, Medicinal Properties and Their application in Food and Nutraceutical Industry. *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 5 (33), pp. 7119-7131, 31 December, 2011.
- Lean, M. E. J. 2013. Ilmu Pangan, Gizi & Kesehatan Edisi ke-7. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Nadya, R. 2010. Pengaruh Penyuluhan Terhadap Pengetahuan Ibu Yang Mempunyai Balita Tentang Pemberian Kapsul Vitamin A Di Lingkungan IX Kelurahan Paya Pasir Kecamatan Medan Marelan Tahun 2009. [Diakses 4 Juni 2014] <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/16580>
- Ng, J.H., Tan, B. 1988. Analysis of Palm Oil Carotenoids by HPLC with Diode-Array Detection. *J Chromatogr Sci* (1988) 26 (9): 463-469.
- Norman, S.M. 1991. β -carotene from the abscisic acid producing strain of *Cercospora rosicola*. *Plant Growth Regulation* 10: 103-108.
- Otten J.J., Hellwig J.P., Meyers L.D., eds. 2006. Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements, The National Academies Press, Washington DC.

- Rahmadi, A. 2013. Establishment of High Content Co-culture Screening for Anti-Inflammatory Drugs in Alzheimer's Disease. Disertasi S3. University of Western Sydney, Campbelltown, Australia.
- Rahmadi, A., Abdiah, A., Sukarno, M.D., Ningsih, T.P. 2013. Karakteristik Fisikokimia dan Antibakteri Virgin Coconut Oil Hasil Fermentasi Bakteri Asam Laktat. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 24(2): 178-183.
- Rahmadi, A., Agustin, S., Rohmah, M. 2014. Laporan Hasil Penelitian Unggulan PTN/PTS Kalimantan Timur: Produk Olahan Emulsi Labu dan Minyak Sawit untuk Intervensi Balita Kurang Vitamin A di Kalimantan Timur. Universitas Mulawarman dan Balitbangda Prop. Kaltim, 2014.
- Ramadhani, G. A., Izzati, M., dan Parman, S.. 2012. Analisis Proximat, Antioksidan dan Kesukaan Sereal Makanan Dari Bahan Dasar Tepung Jagung (*Zea mays* L.) Dan Tepung Labu Kuning (*Cucurbita moschata* Durch). *Buletin Anatomi dan Fisiologi* Volume XX, Nomor 2, Oktober 2012.
- Rismawati. 2009. Pengaruh Waktu Deodorisasi Terhadap Olein dan Stearin Minyak Sawit Merah serta Aplikasinya Sebagai Medium Penggorengan Tempe dan Ubi Jalar Putih. Skripsi. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rossi, M., Gianazza, M., Alamprese, C., Stanga, F. 2001. The effect of bleaching and physical refining on color and minor components of palm oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 78(10): 1051-1055.
- Samba C, Tchibindat F, Houze P, Gourmel B, Malvy D. 2006. Prevalence of infant Vitamin A deficiency and undernutrition in the Republic of Congo. *Acta Trop.* 97(3):270-83.

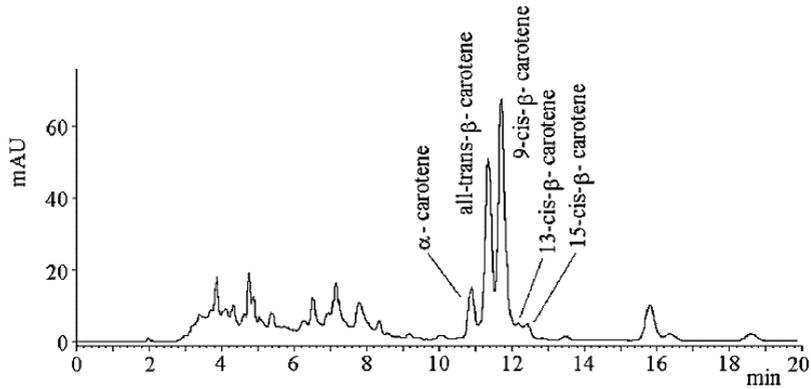
- Santosa, H., Kusumayanti, H. 2012. Likuifasi Enzimatik β -karoten Sebagai Functional Food yang Terdapat Dalam Pomace Dari Buah Labu Kuning (*Cucurbitae moschata*). TEKNIK – Vol. 33 No.2, ISSN 0852-1697
- Schoefs, B. 2002. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products: Properties of the pigments and methods of analysis. Trends in Food Science & Technology 13: 361–371.
- Setyahartini, S. 1994. Identifikasi Senyawa Karoten pada Labu Merah (*Cucurbita moschata*). Makalah Seminar Bulanan Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, tanggal 25 Juli 1994.
- Siahaan D, Sinaga J, dan Tumanggor A. 2003. Pengembangan Deodorizer dan Proses Deodorisasi Skala Bench Berbahan Baku Olein Sawit Kasar. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit Medan 11(2): 95-106.
- Sirait, K.E.E. 2007. Kinetika Adsorpsi Isotermal B-Karoten Olein Sawit Kasar dengan Menggunakan Atapulgit. Skripsi. Fateta, IPB. [Diakses tanggal: 20 Mei 2014] <http://repository.ipb.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/11778/F07kee.pdf>.
- Solomons NW. Vitamin A. In: Bowman B, Russell R, eds. Present Knowledge in Nutrition. 9th ed. Washington, DC: International Life Sciences Institute; 2006:157-83.
- Syahputra, M. R., Karwur, F. F., Limantara, L.. 2008. Analisis Komposisi dan Kandungan Karotenoid Total dan Vitamin A Fraksi Cair dan Padat Minyak Sawit Kasar (CPO) Menggunakan KCKT Detektor PDA. Jurnal Natur Indonesia 10 (2), April 2008: 89-97
- Tang, Guangwen. 2010. Bioconversion of Dietary Provitamin A Carotenoids to Vitamin A in Humans. Am J Clin Nutr 2010;91(suppl):1468S–73S.

- Trubus. 2013. 100 Plus Herbal Indonesia Bukti Ilmiah dan Racikan. Trubus vol. 11. Jakarta.
- USDA. 2014. Nutrient data for: 0405 - Oil, palm and 11422 - Pumpkin, raw. USDA National Nutrient Database for Standard Reference 27
- WHO. 2009. Global Prevalence of Vitamin A Deficiency in Populations at Risk: WHO global database on vitamin A deficiency, WHO, Geneva.
- Wijayakusuma, M. H. 2005. Penyembuhan dengan Labu Parang. Pustaka Populer Obor. Jakarta.
- Wulandari, OV. 2000. Pemanfaatan Minyak Sawit untuk Produksi Emulsi Kaya B-Karoten Sebagai Suplemen Vitamin A. Skripsi Sarjana Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fateta IPB. Bogor.

Tabel 2. Asupan maksimal vitamin A menurut kelompok umur, jenis kelamin, dan kondisi biologis.

Umur	Laki-laki	Perempuan	Ibu Hamil	Ibu Menyusui
0-12 bulan	600 µg RAE (2.000 UI)	600 µg RAE (2.000 UI)		
1-3 tahun	600 µg RAE (2.000 UI)	600 µg RAE (2.000 UI)		
4-8 tahun	900 µg RAE (3.000 UI)	900 µg RAE (3.000 UI)		
9-13 tahun	1.700 µg RAE (5.667 UI)	1.700 µg RAE (5.667 UI)		
14-18 tahun	2.800 µg RAE (9.333 UI)			
19+ tahun	3.000 µg RAE (10.000 UI)			

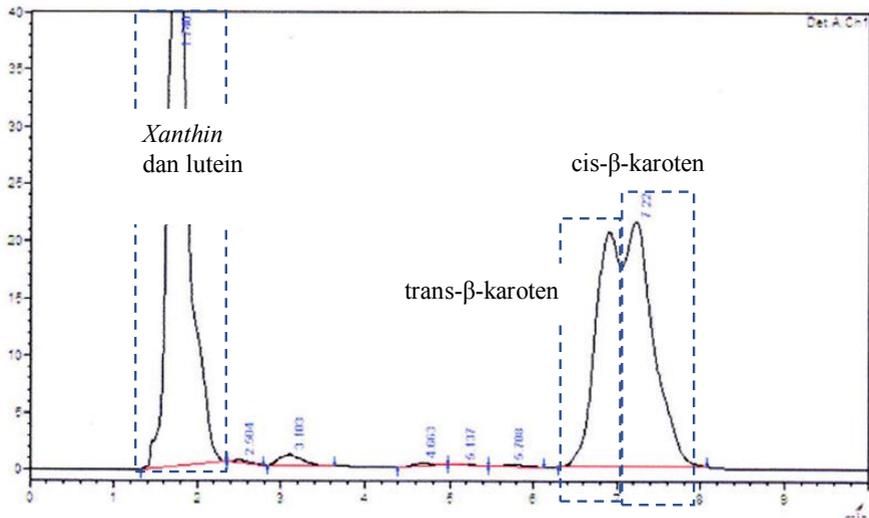
Sumber: Institute of Medicine (2001).



Gambar 4 Deteksi puncak α -karoten, all-trans- β -karoten, 9-cis- β -karoten, 13-cis- β -karoten, dan 15 cis- β -karoten dengan HPLC-DAD (Bononi *dkk*, 2002).

Tabel 3. Analisis biaya produksi sederhana dengan basis produksi 500 mL (Rahmadi *dkk.*, 2014)

Komponen harga	Persen	Satuan	Unit	Biaya (Rp)
Sari labu	18%		90 mL	3.000
Minyak Sawit Merah	2%		10 mL	2.400
Air	75,0%		400 mL	250
Stabiliser (b/v)	0,2%		1 g	500
Emulsifier (b/v)	0,4%		2 g	500
Pemanis (b/v)	5,0%		25 g	500
Pengawet (b/v)	0,5%		2,5 g	250
Perisa (b/v)	0,5%		2,5 g	250
Botol dan kemasan				3.500
Biaya tenaga kerja dan energi				3.850
Harga dasar per basis produksi			500 mL	15.000



Gambar 5. Hasil analisis HPLC terhadap produk emulsi labu dan minyak sawit merah (Rahmadi *dkk*, 2014).

Tabel 4. Dosis per konsumsi produk emulsi untuk anak-anak dan dewasa (Rahmadi *dkk*, 2014)

Usia/Kondisi	Asupan harian		Dosis*	
	Rekomendasi (UI)	Maksimal (UI)	Rekomendasi (mL)	Maksimal (mL)
Anak-anak	2,600	3,000	4	5
Dewasa	6,000	10,000	9	15
Ibu Melahirkan	5,000	10,000	7	15
Ibu Menyusui	8,600	10,000	12	15

* asumsi tiga kali konsumsi sehari

Penerimaan Panelis dan Sifat Kimiawi Emulsi Labu Kuning dan Fraksi Olein Sawit

Anton Rahmadi*, Yuliadini Puspita, Sukmiyati Agustin, dan Miftakhur Rohmah

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda

Dipublikasikan di Jurnal Teknologi dan Industri Pangan tahun 2015

Pendahuluan

Kekurangan vitamin A sudah diindikasikan terjadi di komunitas balita pada masyarakat Kalimantan Timur sejak dua dekade yang lalu berdasarkan hasil penelitian Setyahartini (1994). Pemerintah sebenarnya telah melakukan upaya perbaikan status gizi vitamin A bagi balita dan ibu nifas. Penyediaan vitamin A dosis tinggi terbukti aman, murah, dan efisien dalam mencegah defisiensi vitamin A dan ketahanan balita (Sattar *dkk*, 2012). Di Indonesia, berdasarkan data Departemen Kesehatan tahun 2009, sekalipun sekitar 90% balita telah mendapatkan kapsul vitamin A, cakupan program baru mencapai 60-75% untuk ibu nifas, sehingga masih perlu diupayakan dengan program lainnya. Pasca balita, vitamin A tetap perlu dikonsumsi oleh masyarakat. Ini berkaitan dengan pola konsumsi masyarakat yang kurang seimbang, mengingat 80% kebutuhan akan vitamin A dipengaruhi oleh diversifikasi makanan yang dikonsumsi (Benn *dkk*, 2008). Intervensi vitamin A perlu dilakukan utamanya di daerah pedesaan yang asupan gizinya tidakimbang disebabkan oleh kemiskinan atau keterbelakangan.

Labu kuning (*Cucurbita moschata*) dan minyak sawit merah (MSM) merupakan produk unggulan di Indonesia dan kaya akan karotenoid. Secara terpisah, kedua bahan ini telah diujicobakan untuk perbaikan status gizi vitamin A di Indonesia. Kedua bahan baku ini secara terpisah terbukti mampu meningkatkan serum β -karoten di dalam darah. Serum β -karoten balita di Kalimantan timur setelah intervensi vitamin A menurut Setyahartini (1994) meningkat sebesar 30-80 $\mu\text{g}/\text{dL}$ setelah balita mengonsumsi daging buah labu kuning setara 250-400 μg retinol. Diketahui kadar serum ibu untuk β -karoten dan α -karoten meningkat dua kali setelah intervensi dengan MSM selama 10 hari pada konsentrasi 90 mg setara β -karoten dalam konsumsinya. Setelah mengonsumsi diet kaya karotenoid, terdapat peningkatan serum retinil palmitat yang merupakan hasil reaksi antara asam palmitat dan retinil asetat. Observasi ini didapat pula pada retinil stearat, retinil oleat, dan retinil linoleat, yang menunjukkan bahwa setelah 6 jam, tubuh membentuk retinil ester (Oxley *dkk*, 2014). Konsentrasi α - dan β -karoten

dari minyak sawit yang diperoleh adalah minimum 506 ppm (Jaswir *dkk*, 2011). MSM merupakan sumber tertinggi karotenoid, akan tetapi memiliki palatabilitas yang kurang disukai apabila dikonsumsi tanpa dikombinasi dengan bahan lain. Jacobo-Valenzuela *dkk* (2011^a) menyebutkan kandungan dari *C. moschata*, yaitu serat 19,1%, pektin 7,3%, dan karotenoid 2,7 mg β -karoten/g buah. Penggunaan gabungan labu dan fraksi olein dari minyak sawit merah (FO-MSM) dilakukan sebagai salah satu strategi peningkatan penerimaan konsumen terhadap suplemen vitamin A asal bahan lokal. Perpaduan dua bahan baku, FO-MSM dan labu kuning, diharapkan mampu menjadi alternatif produk berkonten lokal untuk intervensi vitamin A. β -karoten merupakan salah satu pre-kursor vitamin A, dicirikan dengan cincin β -ionon (Groeber, 2013). Peranan karotenoid terhadap kesehatan mata misalnya terdapat pada meso-*zeaxanthin* yang efektif dalam menjaga makula mata dari proses oksidasi (Firdous *dkk*, 2010). Selain itu, lutein, likopen, *zeaxanthin*, *cryptoxanthin*, dan α -karoten juga merupakan karotenoid penting (Tang, 2012). Kegunaan diet kaya karotenoid tidak sebatas normalisasi kadar serum karotenoid. Vaisman *dkk* (2006) menyebutkan bahwa diet kaya karotenoid dalam jangka panjang juga menurunkan stress oksidatif dari konsumennya. Dalam hal ini, konsentrasi NF- κ B pasien cenderung turun setelah mengonsumsi diet kaya karotenoid.

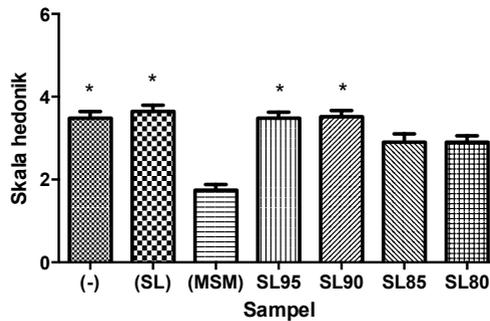
Penelitian ini bertujuan untuk membuat produk emulsi pangan fungsional kaya karotenoid dengan bahan utama ekstrak labu kuning dan fraksi olein (FO)-MSM. Diharapkan, penelitian ini merupakan awal dari proses menuju suplemen vitamin A terstandar dengan bahan baku lokal dari labu kuning dan FO-MSM bagi balita kurang vitamin A.

Hasil Penelitian

FO-MSM memiliki potensi kandungan vitamin A yang sangat tinggi dalam bentuk provitamin A, yaitu 20,000 μ g ekuivalen retinol (RE)/100g, dibandingkan dengan labu kuning yang hanya 2,217 μ gRE/100 g (USDA,

2014). Sebagai bahan baku, CPO diperlukan dalam kondisi prima, yaitu yang memiliki FFA <3%. Dalam pembuatan produk pangan fungsional kaya karotenoid selain kadar karotenoid yang sangat tinggi, diperlukan juga komposisi karotenoid yang lengkap dan produk yang dapat diterima oleh konsumen (Tadmor *dkk*, 2005). Produk kaya akan karotenoid bersumber dari FO-MSM, misalnya, telah dikembangkan oleh Wulandari (2000). Akan tetapi, berdasarkan formulasi emulsi yang dilakukan pada penelitian ini, formula dengan 100% FO-MSM memiliki masalah dalam penerimaan konsumen yang rendah terkait rasa, aroma, dan tekstur yang kurang disukai konsumen (Gambar 1 s.d. 4). Selain itu, perubahan struktur β -karoten dari FO-MSM pasca pemanasan selama lima jam menyebabkan komposisi karotenoid dari FO-MSM berubah (Gambar 11).

Penciptaan produk pangan fungsional kaya karotenoid, terdapat hubungan yang erat antara keberadaan berbagai jenis karotenoid dengan peningkatan sistem imun tubuh (Sepp *dkk*, 2010). Status karotenoid yang baik menurut Groeber (2013) adalah β -karoten lebih dari 0,4 $\mu\text{mol/L}$ (21 $\mu\text{g/dL}$), likopen lebih dari 0,5 $\mu\text{mol/L}$, lutein lebih dari 0,6 $\mu\text{mol/L}$. Diet kaya karotenoid dengan komposisi trans- β -karoten, β -kriptosantin, lutein, dan α -karoten dapat mengurangi risiko penyakit degeneratif seperti katarak, degenerasi makula, dan beberapa jenis karsinoma (Rao dan Rao, 2007). Untuk itu, dalam upaya perbaikan komposisi karotenoid dan rasa dari produk, perlu dilakukan penggabungan dua jenis produk kaya karotenoid ini untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang dapat diterima konsumen dengan lebih baik.



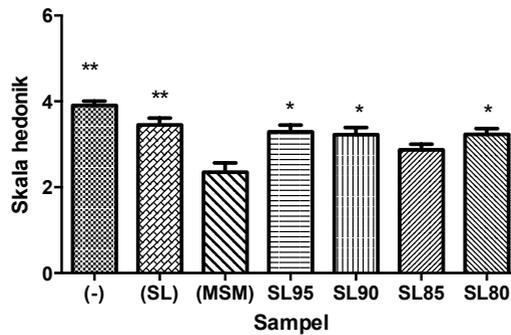
Gambar 1. Hasil uji hedonik rasa

Keterangan: Produk memiliki formula sebagai berikut: (-) = kontrol (tanpa sari labu kuning dan FO-MSM), SL = sari labu kuning 100 mL, FO-MSM = minyak sawit merah 100 mL, SL95 = sari labu kuning 95, SL90 = 90, SL85 = 85, SL80 = 80. *Standard Error of the Mean* (SEM) ditampilkan dengan simbol (τ) yang terletak di atas batang diagram. Simbol * dan ** menandakan kelompok yang berbeda nyata

Penerimaan dan preferensi konsumen

Gambar 1 menjelaskan hasil uji hedonik rasa, yang menunjukkan kontrol dan formula dengan 90-100 mL sari labu kuning mendapat tingkat penerimaan rasa yang sama. Emulsi dengan formula 100 mL FO-MSM mendapatkan penerimaan rasa yang paling rendah. Terhadap parameter aroma (Gambar 2), penerimaan terhadap kontrol dan formula dengan 100 mL sari labu kuning secara signifikan ($P < 0,05$) paling tinggi dibandingkan formula yang lain.

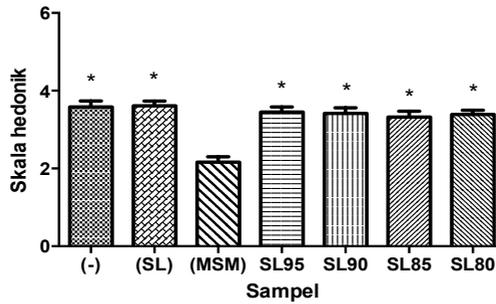
Formula dibuat dari proporsi 80, 90, dan 95 mL sari labu kuning terhadap 20, 10, dan 5 mL FO-MSM memiliki penerimaan terhadap aroma yang sama dan berbeda secara signifikan jika dibandingkan dengan formula 100 mL FO-MSM. Ini sejalan dengan hasil penelitian Wulandari (2000) yang menyatakan bahwa produk dengan bahan baku MSM cenderung mendapatkan penerimaan terhadap rasa dan aroma yang rendah.



Gambar 2. Hasil uji hedonik aroma

Berkaitan dengan tekstur produk (Gambar 3), formula dengan 100 mL FO-MSM menunjukkan hasil yang paling rendah secara signifikan ($P < 0,05$) jika dibandingkan dengan formula yang lain. Parameter uji organoleptik yang lain adalah warna (Gambar 4), yang menunjukkan bahwa formula dengan 100 mL sari labu kuning, 90 dan 95 mL sari labu kuning terhadap 10 dan 5 mL FO-MSM menghasilkan tekstur yang lebih diterima oleh konsumen dibandingkan semua formula yang lain. Formula dengan 100 mL FO-MSM juga secara signifikan ($P <$

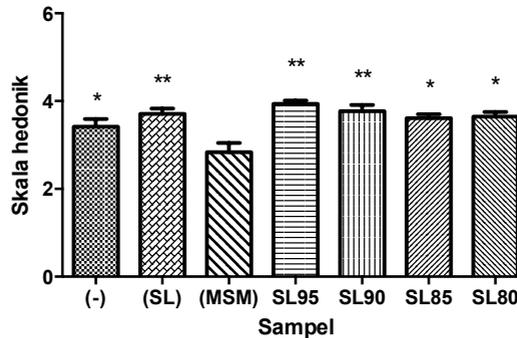
0,05) menghasilkan penerimaan yang paling rendah dibandingkan seluruh jenis formula yang diujikan. Secara keseluruhan, formula dengan 100 mL FO-MSM mendapatkan penerimaan yang paling rendah jika dibandingkan dengan formula-formula yang diujikan. Formula-formula yang mendapatkan penerimaan konsumen terbaik secara signifikan adalah kontrol, formula dengan 100 mL sari labu kuning, formula 95:5, 90:10, dan 80:20 (sari labu kuning:FO-MSM) (Gambar 5).



Gambar 3. Hasil uji hedonik tekstur

Pengembangan produk baru diperlukan pene-kanan pada parameter sensoris yang penting dan menentukan penerimaan produk tersebut. Sebagai contoh, Konopacka *dkk* (2010) mengemukakan bahwa produk olahan labu dengan total karotenoid tertinggi belum tentu dipilih oleh konsumen oleh sebab penerimaan sensoris secara keseluruhan

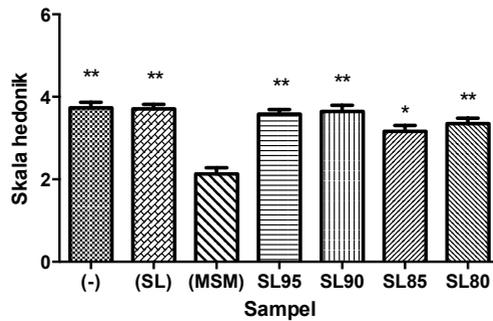
yang rendah. Goncalves *dkk* (2007) mengemukakan bahwa tekstur dalam emulsi dipengaruhi oleh keberadaan senyawa seperti pektin. Salah satu strategi yang digunakan untuk meningkatkan penerimaan terhadap rasa dari sari labu adalah pasteurisasi pada suhu 72°C selama 2 menit (Jacobo-Valenzuela *dkk*, 2011^b).



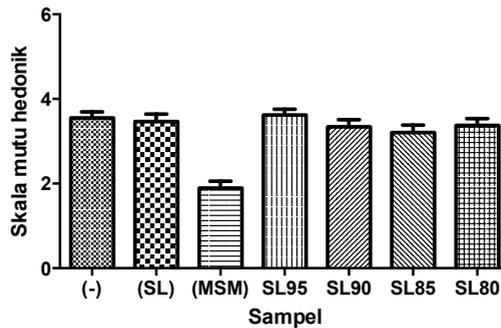
Gambar 4. Hasil uji hedonik warna

Berkaitan dengan penelitian ini, komposisi sari labu kuning ≥ 90 mL dalam emulsi memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap penerimaan konsumen pada parameter tekstur di-bandingkan emulsi dengan komposisi sari labu yang lebih rendah. Akan tetapi, secara umum, konsumen lebih memilih produk dengan komposisi 100 mL labu kuning. Dari hasil tersebut, didapatkan kesimpulan bahwa panelis dalam penelitian ini tidak

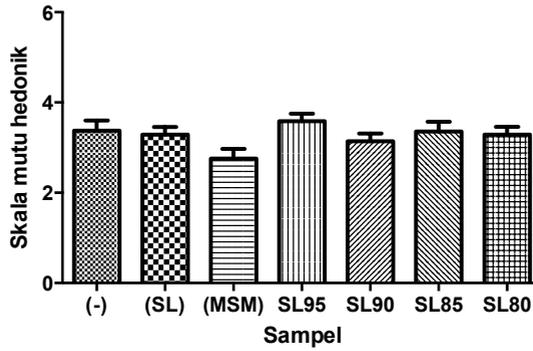
mampu membedakan formulasi sari labu kuning:FO-MSM (95:5) dari formulasi(90:10) (v/v). Pada saat menaikkan komposisi FO-MSM menjadi ≥ 15 mL, terdapat penurunan penerimaan konsumen terhadap produk emulsi terutama pada parameter rasa dan aroma. Komposisi produk emulsi terbaik dengan potensi kandungan karotenoid tertinggi diperoleh dari formulasi sari labu kuning:FO-MSM (90:10) (v/v).



Gambar 5. Hasil uji hedonik keseluruhan



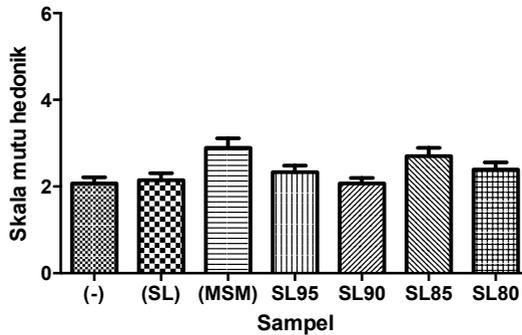
Gambar 6. Hasil uji preferensi rasa manis



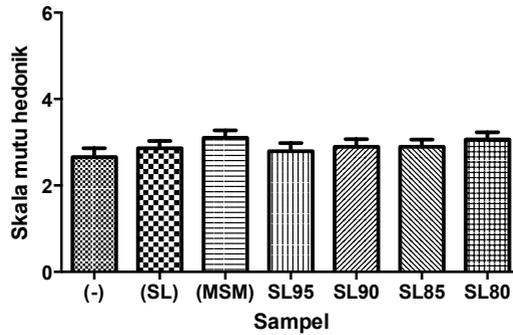
Gambar 7. Hasil uji preferensi rasa asam

Hasil uji untuk parameter kesukaan terhadap rasa manis, asam, dan pahit, serta aroma mentah dan tengik, diperoleh hasil bahwa produk formulasi yang diteliti berasa manis, netral hingga asam, netral hingga tidak pahit, aroma mentah cenderung

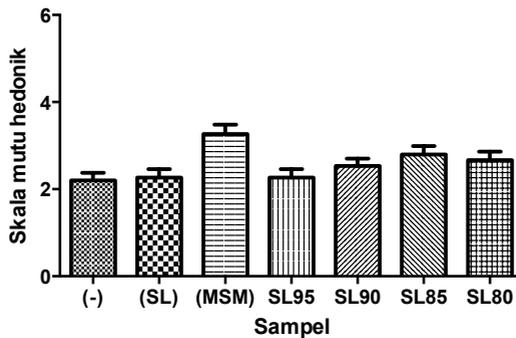
netral, dan aroma tengik yang tidak tercium (Gambar 6-10). Pengecualian terdapat pada formulasi dengan 100 mL FO-MSM yang menghasilkan preferensi yang paling buruk dibandingkan dengan formula yang lain.



Gambar 8. Hasil uji preferensi rasa pahit



Gambar 9. Hasil uji preferensi aroma mentah



Gambar 10. Hasil uji preferensi aroma tengik

Kadar karotenoid

Dikarenakan keterbatasan standar, maka hanya dilakukan perhitungan berdasarkan kandungan trans- β -karoten. Hasil analisis menunjukkan sari labu kuning memiliki kadar trans- β -karoten sebesar $341,83 \pm 1,20$ mg/L produk.

FO-MSM memiliki kandungan trans- β -karoten terendah diantara ketiga produk yang diujikan, yaitu $41,18 \pm 0,10$ mg/L, sementara produk emulsi memiliki kadar trans- β -karoten sebesar $141,65 \pm 0,47$ mg/L. Hasil analisis total karotenoid de-

ngan metode HPLC memberikan hasil rata-rata 142 mg setara trans β -karoten/L. Berdasarkan Groeber (2013), pengukuran aktivitas vitamin A sebanyak 1 UI dapat dipero-

leh dengan konversi sebanyak 0,6 μ g β -karoten, sehingga pada formula terpilih didapatkan kandungan vitamin A sebesar 237 UI/mL produk.

Lutein dan xantin

Salah satu hasil lain yang menarik untuk dibahas adalah keberadaan puncak sempit namun sangat tinggi dari produk dengan komposisi 100 mL sari labu kuning dan emulsi 90 mL sari labu kuning terhadap 10 mL FO-MSM pada kisaran waktu retensi 1,675-1,843 menit (Gambar 13). Puncak tersebut diduga adalah lutein dan *zeaxanthin*. Karakter produk ini sejalan dengan hasil

Badr *dkk* (2011) yang menyatakan labu dengan warna kuning-merah dibentuk oleh tiga karotenoid utama, yaitu β -karoten, β -karoten, dan lutein. Oleh karena itu, dapat dimungkinkannya bahwa berdasarkan kromatogram dari produk emulsi, komponen karotenoid didominasi oleh lutein, *xanthin*, trans- β -karoten dan cis- β -karoten.

Efek pemanasan terhadap kadar dan komposisi karotenoid

Stabilitas β -karoten sangat dipengaruhi oleh isomerisasi dan reaksi oksidasi yang terjadi selama pengolahan dan penyimpanan produk (Gliemmo *dkk*, 2009). Faktor yang berpengaruh terhadap pengolahan adalah suhu, cahaya, keberadaan oksigen, logam, enzim, lipida tidak jenuh, dan pro-oksidan yang mungkin ditambahkan (Schieber dan Carle, 2005).

Hal yang menarik terdapat pada kromatogram dari produk FO-MSM yang menunjukkan sedikit kandungan trans- β -karoten dibandingkan dengan cis- β -karoten (Gambar 11). Untuk mengurangi aroma khas minyak sawit yang menyengat dari FO-MSM, telah dilakukan pemanasan FO-MSM dalam waktu yang cukup lama (suhu 100°C, kecepatan rotasi 60 rpm, tekanan 80-90

mmHg, waktu 5 jam), sehingga diduga berpengaruh terhadap perubahan komposisi cis- dan trans- β -karoten dari FO-MSM. Komposisi trans- β -karoten sari labu setelah dipas-teurisasi (suhu 80°C selama 10 menit) masih terlihat dominan (Gambar 12). Perubahan yang sama juga tampak pada produk dengan komposisi 90 mL sari labu kuning dan 10 mL FO-MSM (Gambar 13). Ini dikarenakan perlakuan panas yang diberikan tidak sebagaimana halnya proses pemanasan FO-MSM. Berdasarkan literatur, pemasakan labu meningkatkan kadar cis- β -karoten dari tidak terdeteksi menjadi 0,7 $\mu\text{g/g}$, dan terus semakin meningkat seiring proses pemanasan yang diberikan (Provesi *dkk*, 2011).

Senada dengan hasil penelitian ini, Shi *dkk* (2010) menyatakan suhu dan tekanan memengaruhi perubahan konfigurasi trans- menjadi cis- β -karoten, pengolahan dengan suhu yang lebih tinggi menyebabkan penurunan konsentrasi all-trans- β -karoten berkisar 25-50% pada peningkatan suhu sebesar 30°C dari 40°C. Shi *dkk* (2013) menyatakan kadar karotenoid yang terdiri dari lutein, α -karoten, dan trans-

- β -karoten yang diperoleh menjadi lebih tinggi pada perlakuan suhu rendah, sehingga direkomendasikan suhu pengolahan adalah 50-80°C. Dari sisi konversi pro-vitamin A menjadi vitamin A di dalam tubuh, keberadaan trans- β -karoten menjadi penting, karena potensi aktivitas senyawa ini paling tinggi. Jika diukur dengan basis aktivitas trans- β -karoten 100%, cis- β -karoten memiliki aktivitas 38-53%, α -karoten 53%, β -*cryptoxanthin* 57%, dan γ -karoten 42-50% (Fernandez-Garcia *dkk*, 2012).

Terkait dengan proses pemanasan untuk mengurangi aroma kelapa sawit, penelusuran literatur telah dilakukan untuk menentukan metode pemanasan yang terbaik untuk melindungi kandungan karotenoid dari FO-MSM. Berdasarkan hasil penelitian Rismawati (2009), kandungan karotenoid pada FO-MSM sebelum dipanaskan adalah 494,070 ppm, diukur menggunakan metode Palm Oil Research Institute of Malaysia (PORIM). Wulandari (2000) menggunakan suhu 180°C selama 20 menit untuk menghasilkan produk minyak sawit merah dengan kadar karotenoid 249 ppm dan asam

lemak bebas 0,2%. Pemanasan pada suhu 160°C selama 120 menit di bawah tekanan 15 cmHg menghasilkan minyak sawit merah dengan kandungan karoten 518 ppm dan asam lemak bebas 0,171%. Pemrosesan pada suhu 160°C selama 6 jam di bawah tekanan 60 mmHg menghasilkan kadar karotenoid to-

tal FO-MSM fraksi olein menjadi 458-600 ppm (Rismawati, 2009). Akan tetapi, kromatogram FO-MSM pasca di-panaskan menunjukkan terdapat perubahan struktur kimiawi β -karoten dari trans- menjadi cis- β -karoten yang dibuktikan dalam analisis HPLC (Gambar 11).

Parameter kimiawi

Produk-produk emulsi sari labu kuning dan FO-MSM memiliki kadar asam lemak bebas <3% (Tabel 1), masih memenuhi standar yang disyaratkan untuk produk berbasis FO-MSM yaitu kadar asam lemak bebas maksimal 3% (Mba *dkk*, 2015). Sekalipun FO-MSM mengandung tokotrienol yang dapat berfungsi sebagai antioksidan, dalam pengembangan produk tetap perlu dilakukan penambahan anti-oksidas yang lain dan mengurangi proses pemanasan tidak perlu yang bertujuan untuk mencegah proses oksidasi asam lemak menjadi asam lemak bebas (Zou dan Akoh, 2015).

Berdasarkan analisis pH diperoleh bahwa produk pada umumnya bersifat asam dengan nilai rerata pH

2,9±0,1 untuk kontrol tanpa labu dan FO-MSM, 3,5±0,1 untuk sari labu kuning, 3,2±0,1 untuk FO-MSM, dan 3,6±0,1 untuk produk emulsi sari labu kuning dan FO-MSM (90:10v/v) (Tabel 1). Hasil ini selaras dengan persepsi panelis yang menyatakan bahwa semua produk cenderung asam (Gambar 2). Setelah penyimpanan selama dua bulan diperoleh perubahan yang tidak signifikan terhadap pH, yaitu 3,6±0,1 untuk kontrol, 2,0±0,1 untuk sari labu kuning, 3,2±0,1 untuk FO-MSM, dan 3,6±0,1 untuk produk emulsi. Berkaitan pengembangan produk lebih lanjut dan stabilitas warna selama penyimpanan, dari literatur diketahui bahwa pH produk emulsi belum berada pada kon-

disi ideal yang mampu melindungi komposisi karotenoid. Stabilitas warna terbaik untuk produk sari labu adalah pada pH 4-6 dengan bahan tambahan kalium sorbat dan asam askorbat dapat digunakan sebagai pengontrol pH produk (Gliemmo *dkk*, 2009).

Kebutuhan akan vitamin C harian bagi anak-anak adalah 45 mg, sementara bagi orang dewasa berkisar 90 mg. Menurut studi terbaru, kebutuhan akan vitamin C optimum bagi orang dewasa adalah 200 mg per hari (Frei, 2012). Kadar vitamin C selama penyimpanan di ruang berpendingin dengan suhu 8-12°C cenderung stabil (Torres *dkk*, 2011) dan disimpan dalam botol berwarna gelap serta tidak terkena cahaya matahari langsung. Dari penelitian tersebut, untuk produk emulsi sari labu kuning dan FO-MSM, kadar vitamin C pasca penyimpanan pro-

duk selama dua bulan di suhu rendah diduga tidak mengalami perubahan signifikan. Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa kadar vitamin C sebelum penyimpanan dari kontrol adalah $6,2 \pm 1,2$ mg/100 g bahan. Produk dengan formula 100 mL sari labu kuning dan 100 mL FO-MSM masing-masing memiliki kadar vitamin C $8,8 \pm 2,5$ mg/100 g dan $24,6 \pm 5,0$ mg/100g bahan. Produk emulsi labu kuning dan FO-MSM (90:10v/v) memiliki kandungan vitamin C sebesar $13,2 \pm 1,2$ mg/100 g bahan.

Berdasarkan hasil analisis terhadap FFA, diperoleh bahwa produk awal emulsi memiliki kadar FFA awal sebesar $1,73 \pm 0,04\%$. Setelah disimpan selama dua bulan pada suhu 8-12°C, tidak terdapat perubahan kadar FFA produk yang signifikan, yaitu $1,59 \pm 0,35\%$ (Tabel 1).

Pengembangan produk lanjutan

Pengembangan produk lanjutan dari penelitian ini adalah perbaikan proses pemanasan untuk menghilangkan bau khas minyak sawit merah sekaligus mempertahankan struktur

trans- β -karoten, serta pengujian bioavailabilitas dan toksisitas produk. Beberapa teknik yang direkomendasikan untuk mengukur konsentrasi karotenoid, retinol, dan α -tokoferol

dalam plasma darah adalah metode *retinol-binding protein* (RBP) and *transthyretin* (TTR), selain HPLC (Mueller *dkk*, 2007). Pengukuran antioksidan terhadap produk akan dilakukan pada tahap penelitian selanjutnya.

Kesimpulan

Produk emulsi labu kuning dan FO-MSM sebagai suplemen pencegahan defisiensi vitamin A dapat diformulasikan dengan komposisi 90 mL labu kuning dan 10 mL FO-MSM yang kemudian diencerkan 1:4 (v/v). Karakteristik produk adalah manis, asam, tidak pahit, tidak beraroma mentah, dan tidak beraroma tengik. Secara keseluruhan produk disukai oleh panelis. Proses pemanasan selama lima jam sangat membantu mengurangi aroma khas minyak sawit, sekalipun meningkatkan puncak *cis-β*-karoten pada kromatogram. Produk emulsi terpilih memiliki kandungan *trans-β*-karoten sebesar $141,65 \pm 0,47$ mg/L atau setara dengan 237 UI aktivitas vitamin A/mL. Produk bersifat asam dengan pH $3,6 \pm 0,1$ dengan kandungan vitamin C sebesar 13,2 mg/100 g produk. Keasaman dan kadar vitamin C cenderung tetap selama masa penyimpanan dua bulan. Bilangan peroksida dari produk emulsi adalah 0,8 mEq oksigen/kg dan bilangan asam lemak bebas berada pada kisaran 1,59-1,73%, juga tidak mengalami perubahan berarti setelah disimpan selama dua bulan.

Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih atas hibah penelitian unggulan strategis PTN/PTS Pementah Provinsi Kalimantan Timur tahun pertama. Sebagian dari data (kromatogram formula terpilih, pH, dan FFA) telah dipresentasikan sebagai poster: Sukmiyati Agustin, Mifrahur Rohmah, and Anton Rahmadi. Emulsification of Pumpkin Extract and Red Palm Oil as Functional Food Product Rich In Carotenoids. International Conference on Challenges of Biotechnology in Food and Health. Slamet Riyadi University, Surakarta, Central Java, 15-16 November 2014.

Daftar Pustaka

- Badr SE, Shaaban M, Elkholy YM, Helal MH, Hamza AS, Masoud MS, El Safty MM. 2011. Chemical composition and biological activity of ripe pumpkin fruits (*Cucurbita pepo* L.) cultivated in Egyptian habitats. *Nat Prod Res* 25: 1524-1539. DOI: 10.1080/14786410903 312991.
- Benn CS, Diness BR, Roth A, Nante E, Fisker AB, Lisse IM, Yazdanbakhsh M, Whittle H, Rodrigues A, Aaby P. 2008. Effect of 50.000 IU vitamin A given with BCG vaccine mortality in infants in Guinea-Bissau: randomised placebo controlled trial. *BMJ Online First* 336: 1-9 DOI: 10.1136/bmj.39542.509444.AE.
- Fernandez-Garcia E, Carvajal-Lerida I, Jaren-Galan M, Garrido-Fernandez J, Perez-Galvez A, Hornero-Mendez D. 2012. Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. *Food Res Int* 46: 438-450. DOI: 10.1016/j.foodres. 2011.06.007.
- Firdous AP, Preethi KC, Kuttan R. 2010. Antioxidant potential of meso-zeaxanthin a semi synthetic carotenoid. *Food Chem* 119: 1096-1101. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.08.021.
- Frei B, Birlouez-Aragon I, Lykkesfeldt J. 2012. Authors' perspective: what is the optimum intake of vitamin C in humans?. *Crit Rev Food Sci* 52: 815-829. DOI: 10.1080/10408398. 2011.649149.
- Gliemmo MF, Latorre ME, Gerschenson LN, Campos CA. 2009. Color stability of pumpkin (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poirer) puree during storage at room temperature: Effect of pH, potassium sorbate, ascorbic acid and packaging material. *LWT-Food Sci Technol* 42: 196-201. DOI: 10.1016/j.lwt. 2008.05.011.
- Goncalves EM, Pinheiro J, Abreu M, Brandao TRS, Silava CLM. 2007. Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture

- changes of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching. *J Food Eng* 81: 693-701. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2007.01.011.
- Groeber U. 2013. Mikronutrien: Penyelesaian Metabolik, Pencegahan, dan Terapi. Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Jacobo-Valenzuela, N, Zazueta-Morales JDJ, Gallegos-Infante, JA, Aguilar-Gutierrez, J, Camacho-Hernández, IL, Rocha-Guzman, NL, Gonzalez-Laredo, RF. 2011^a. Chemical and physicochemical characterization of winter squash (*Cucurbita moschata* D.) *Not Bot Horti Agrobo* 39: 34-40.
- Jacobo-Valenzuela N, Marostica-Junior M, Zazueta-Morales JJ, Gallegos-Infante JA. 2011^b. Physicochemical, technological properties, and health-benefits of *Cucurbita moschata* Duchense vs. Cehualca: A review. *Food Res Int* 44: 2587-2593. DOI: 10.1016/j.foodres. 2011.04.039.
- Jaswir I, Noviendri D, Hasrini RF, Octavianti F. 2011. Carotenoids: sources, medicinal properties and their application in food and nutraceutical industry. *J Med Plants Res* 5: 7119-7131.
- Konopacka D, Seroczynska A, Korozieniewska A, Jesionkowska K, Niemirowicz-Szczytt K, Plochanski W. 2010. Studies on the usefulness of *Cucurbita maxima* for the production of ready-to-eat dried vegetable snacks with a high carotenoid content. *LWT-Food Sci Technol* 43: 302-309. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.08.012.
- Mba OI, Dumont MJ, Ngadi M. 2015. Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry – A review. *Food Biosci* 10: 26-41. DOI: 10.1016/j.fbio.2015.01.003.
- Montenegro L, Rapisarda L, Ministeri C, Puglisi C. 2015. Effects of lipids and emulsifiers on the physicochemical and sensory properties of cosmetic emulsions containing vitamin E *Cosmetics* 2: 35-47. DOI: 10.3390/cosmetics 2010035.

- Mueller K, Voigt CC, Raila J, Hurtienne A, Vater M, Brunnberg L, Schweigert FJ. 2007. Concentration of carotenoids, retinol and α -tocopherol in plasma of six microchiroptera species. *Comp Biochem Phys B* 147: 492-497. DOI: 10.1016/j.cbpb.2007.03.002.
- Oxley A, Berry P, Taylor GA, Cowell J, Hall MJ, Hesketh J, Lietz G, Boddy AV. 2014. An LC/MS/MS method for stable isotope dilution studies of β -carotene bioavailability, bioconversion, and vitamin A status in humans. *J Lipid Res* 55: 319-328. DOI: 10.1194/jlr.D040 204.
- Provesi JG, Dias CO, Amante ER. 2011. Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. *Food Chem* 128: 195-202. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.03.027.
- Rahmadi A, Agustin, S, Rohmah, M. 2014. Produk Olahan Emulsi Labu Dan Minyak Sawit untuk Intervensi Balita Kurang Vitamin A di Kalimantan Timur. Laporan Hasil Penelitian Unggulan PTN/PTS Pemerintah Propinsi Kalimantan Timur, Samarinda.
- Rao AV, Rao LG. 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacolo Res* 55: 207-216.
- Rismawati. 2009. Pengaruh Waktu Deodorisasi Terhadap Olein dan Stearin Minyak Sawit Merah serta Aplikasinya Sebagai Medium Penggorengan Tempe dan Ubi Jalar Putih. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Sattar S, Ahmed T, Rasul CH, Saha D, Abdus Salam M, Hossain MI. 2012. Efficacy of a High-Dose in Addition to Daily Low-Dose Vitamin A in Children Suffering from Severe Acute Malnutrition with Other Illnesses. *PLOS one* 7: e33112. DOI: 10.1371/journal.pone. 0033112.
- Schieber A, Carle R. 2005. Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: technological, analytical, and nutritional implications. *Trends Food Sci Tech* 16: 416-422. DOI: 10.1016/j.tifs.2005.03.018.

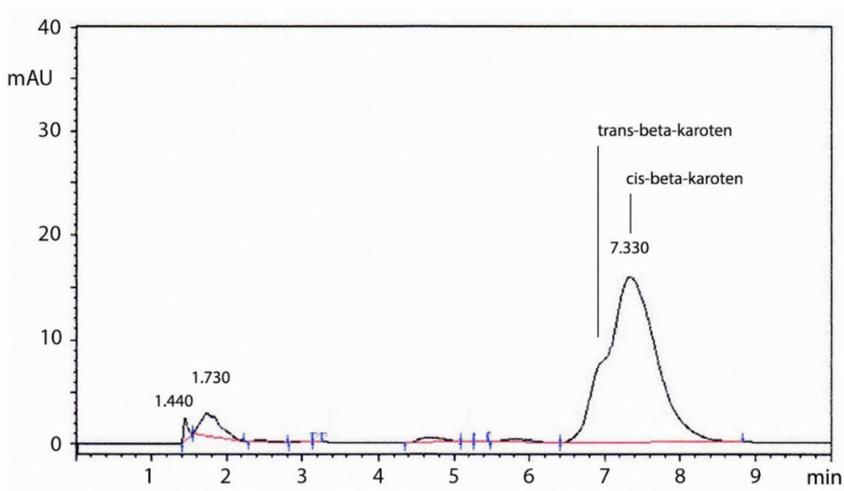
- Sepp T, Karu U, Sild E, Maenniste M, Hourak P. 2011. Effects of carotenoids, immune activation and immune suppression on the intensity of chronic coccidiosis in green-finches. *Exp Parasitol* 127: 651-657. DOI: 10.1016/j.exppara.2010.12.004.
- Setyahartini S. 1994. Identifikasi Senyawa Karoten pada Labu Merah (*Cucurbita moschata*). Makalah Seminar Bulanan Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman.
- Shi J, Yi C, Ye X, Xue S, Jiang Y, Ma Y, Liu D. 2010. Effects of supercritical CO₂ fluid parameters on chemical composition and yield of carotenoids extracted from pumpkin. *LWT-Food Sci Technol* 43: 39-44. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.07.003.
- Shi X, Wu H, Shi J, Xue SJ, Wang D, Wang W, Cheng A, Gong Z, Chen X, Wang C. 2013. Effect of modifier on the composition and antioxidant activity of carotenoid extracts from pumpkin (*Cucurbita maxima*) by supercritical CO₂. *LWT-Food Sci Technol* 51: 433-440. DOI: 10.1016/j.lwt.2012.11.003.
- Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi. 2003. Analisis Bahan Makanan dan Pertanian. Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Tadmor Y, Paris HS, Meir A, Schaffer AA, Lewinsohn E. 2005. Dual role of the pigmentation gene *B* in affecting carotenoid and vitamin E content in squash (*Cucurbita pepo*) mesocarp. *J Agr Food Chem* 53: 9759-9763. DOI: 10.1021/jf0520591.
- Tang FY. 2012. The silver bullet for cancer prevention: Chemopreventive effects of carotenoids. *BioMedicine* 2: 117-121. DOI: 10.1016/j.biomed.2012.06.004.
- Torres B, Tiwari BK, Patras A, Cullen PJ, Brunton N, O'Donnel CP. 2011. Stability of anthocyanins and ascorbic acid of high pressure processed blood orange juice during storage. *Innov Food Sci Emerg* 12: 93-97. DOI: 10.1016/j.ifset. 2011.01.005.

- USDA [United States Department of Agriculture]. 2014. Nutrient data for: 0405 - Oil, palm and 11422 - Pumpkin, raw. USDA national nutrient database for standard reference 27 Software v.2.0b <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/> [14 Oktober 2014].
- Vaisman N, Haenen GRMM, Zaruk Y, Yerduyn C, Bindels JG, Verlaan S, Meijer EP. 2006. Enteral feeding enriched with carotenoids normalizes the carotenoid status and reduces oxidative stress in long-term enterally fed patients. *Clin Nutr* 25: 897-905. DOI: 10.1016/j.clnu.2006.06.002.
- Wulandari OV. 2000. Pemanfaatan Minyak Sawit untuk Produksi Emulsi Kaya B-karoten Sebagai Suplemen Vitamin A. [Skripsi]. Bogor: Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fateta, IPB.
- Zou L, Akoh CC. 2015. Antioxidant activities of annatto and palm tocotrienol-rich fractions in fish oil and structured lipid-based infant formula emulsion. *Food Chem* 168: 504-511. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.07.098.

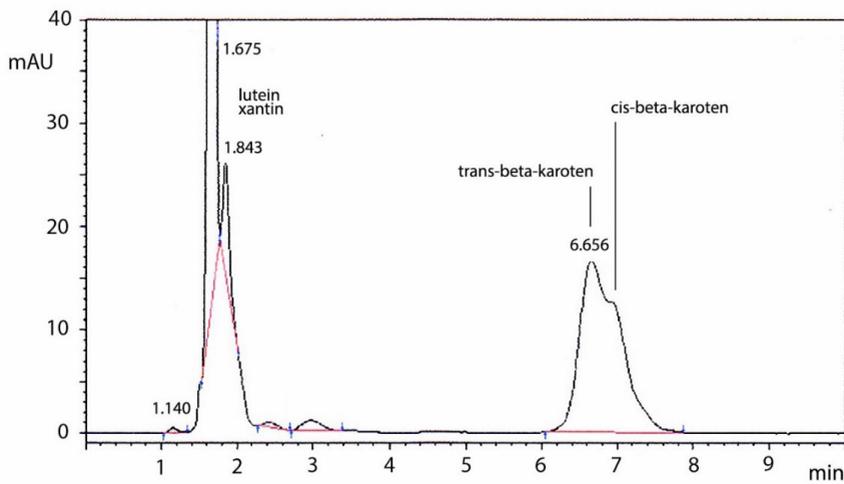
Tabel 1. Rekapitulasi parameter pengamatan terdiri dari FFA, pH, vitamin C, dan bilangan peroksida

Produk	Sebelum penyimpanan			Setelah penyimpanan		
	FFA (%)	pH	Vit. C (mg/100g)	FFA (%)	pH	PV (mEq O ₂ /kg)
Kontrol (-)	2,05±0,06	2,9±0,1	6,2±1,2	1,89±0,00	3,6±0,1	0,7±0,1
Sari labu kuning	1,54±0,04	3,5±0,1	8,8±2,5	1,28±0,00	2,0±0,1	0,5±0,0
FO-MSM	2,05±0,00	3,2±0,1	24,6±5,0	2,39±0,70	3,2±0,1	1,3±0,0
Produk emulsi	1,73±0,06	3,6±0,1	13,2±1,2	1,59±0,35	3,6±0,1	0,8±0,0

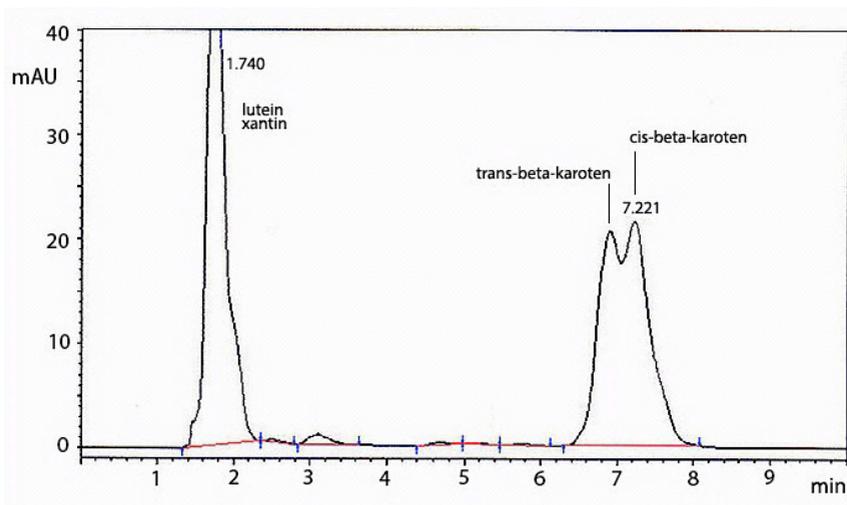
Keterangan: Kontrol (-) = tanpa sari labu kuning dan FO-MSM



Gambar 11. Kromatogram karotenoid dari produk dengan FO-MSM 100 mL



Gambar 12. Kromatogram karotenoid dari produk dengan sari labu kuning 100 mL



Gambar 13. Kromatogram karotenoid dari produk emulsi sari labu kuning dan FO-MSM



Studi Pemberian Vitamata terhadap Kadar Glukosa, Kolesterol Total, dan Asam Urat Darah pada Subjek Penelitian

Ilyas¹, Bernatal Saragih¹, dan Anton Rahmadi^{1*}

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas
Mulawarman

Email: arahmadi@unmul.ac.id

**Dibawakan di International Conference of Indonesian Chemist Society
2016**

Pendahuluan

Dewasa ini gaya hidup dan pola makan modern seringkali dihubungkan dengan berkembangnya penyakit atau gangguan kesehatan di masyarakat. Kehadiran makanan cepat saji, awetan, dan tidak bermutu baik/aman serta gaya hidup yang cenderung praktis diduga menjadi penyebab menurunnya tingkat kesehatan individu sehingga penyakit-penyakit degeneratif seperti hipertensi, diabetes melitus, kanker, dan kardiovaskular menjadi penyakit yang ramai terjadi di negara maju dan berkembang. Dari beberapa penyakit degeneratif tersebut, terdapat 3 jenis penyakit yang sering menyerang masyarakat dan diketahui mampu memicu timbulnya penyakit lain, yaitu hiperglikemia, hiperkolesterolemia, dan hiperurisemia (ADA, 2004; Kasim dkk., 2006; Adieni, 2008).

Sudah umum diketahui bahwa kondisi hiperglikemia (kadar glukosa darah tinggi) menjadi penanda klinis seorang individu menderita penyakit diabetes melitus. Adapun penyebab utama dari penyakit ini ialah gangguan sekresi insulin, kerja insulin, maupun kedua-duanya. Pada jangka panjang, diabetes melitus dapat mengakibatkan risiko gagal atau tidak berfungsinya organ tertentu terutama mata, ginjal, saraf, jantung, dan pembuluh darah (ADA, 2004). Sementara itu, hiperkolesterolemia, terjadi dan berbahaya ketika kadar kolesterol berlebih di dalam tubuh. Bila mengalami oksidasi, kolesterol akan memicu pembentukan radikal bebas yang dapat merusak sel-sel endotel dan menyebabkan terjadinya aterosklerosis, dan jika aterosklerosis terjadi di pembuluh darah arteri yang memasok oksigen ke jantung, maka dapat menyebabkan penyakit jantung koroner, apabila pada pembuluh darah yang menuju otak, maka akan menyebabkan terjadinya stroke (Kasim dkk., 2006). Selanjutnya, hiperurisemia (kadar asam urat darah tinggi), terjadi kepada pria apabila kadar asam urat telah melebihi 7 mg/dL sedangkan pada wanita kadarnya melebihi 6 mg/dL (Artini dkk., 2012; Pursriningsih, 2014; Adieni, 2008). Penyakit arthtritis gout yang timbul akibat hiperurisemia akan menyebabkan kerusakan pada membran sel seperti hepar dan ginjal serta memberikan siksaan nyeri kepada penderitanya berupa pem-

bengkakan atau cacat persendian tangan dan kaki (Pribadi dan Ernawati, 2010). Hiperurisemia juga beresiko menyebabkan hipertensi, aterosklerosis, dan penyakit jantung koroner (Adieni, 2008).

Hiperglikemia, hiperkolesterolemia, dan hiperurisemia tentunya dapat disembuhkan dengan menggunakan obat-obatan tertentu. Namun, obat-obatan yang umum digunakan merupakan obat-obatan sintesis yang apabila dikonsumsi secara berkala dapat memberikan efek samping (Pribadi dan Ernawati, 2010; Wulandari, 2010). Maka dari itu, penggunaan bahan-bahan alami yang berasal dari tumbuhan telah menjadi alternatif dalam pengobatan penyakit degeneratif. Beberapa negara termasuk Indonesia telah mengaplikasikan penggunaan bahan alami. Hal itulah yang menyebabkan beberapa produsen obat/makanan melakukan terobosan dengan menghadirkan varian baru obat-obatan herbal maupun pangan berbasis kesehatan. Salah satunya ialah produk VitaMata, sebagai hasil riset laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Universitas Mulawarman dengan menggunakan bahan-bahan yang berpotensi mengatasi beberapa penyakit degeneratif terutama penyakit akibat kurang vitamin A dan E (Rahmadi dkk., 2014).

VitaMata merupakan salah satu pangan fungsional berupa minuman emulsi yang kaya akan karoten dan tokoferol, hasil formulasi minyak sawit merah dan sari labu kuning yang diharapkan dapat digunakan sebagai suplemen vitamin A pada panelis yang mengalami KVA (kurang vitamin A) (Rahmadi dkk., 2014). Sebagai bahan baku utama, minyak sawit diketahui memiliki nutrisi makro dan mikro yang bermanfaat untuk kesehatan manusia dalam membantu pertumbuhan serta mencegah/mengurangi resiko penyakit, antara lain α , β , dan γ -karoten, vitamin E (tokoferol dan tokotrienol), likopen, lutein, sterol, asam lemak tidak jenuh dan ubikuinon (Ayustaningwarno, 2012). Di samping itu, terdapat sari labu kuning yang memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi dan cukup lengkap, yaitu vitamin A, B1, B2, C, lemak tak jenuh, protein, dan mineral (Wijayakusuma, 2005). Labu kuning juga mengandung inulin dan serat pangan yang sangat dibutuhkan untuk pemeliharaan kesehatan (Ramadhani dkk., 2012). Selain itu, harga labu ku-

ning terjangkau oleh masyarakat, sehingga sangat efisien digunakan sebagai pangan yang menyehatkan.

Penggunaan bahan baku yang berpotensi terhadap kesehatan belum dapat menjadi jaminan suatu produk dapat memberi pengaruh yang nyata terhadap kesehatan individu/konsumen. Hal tersebut dikarenakan cara atau teknik pengolahan dapat menyebabkan berkurang/hilangnya suatu unsur yang sebelumnya ingin ditonjolkan menjadi keunggulan produk, selain itu, metabolisme subjek dalam hal ini manusia, tentunya turut memberikan pengaruh pada penyerapan dan pemanfaatan unsur tersebut di dalam tubuh. Maka dari itu, diperlukan analisis lebih lanjut secara *in vivo* untuk mengetahui kemampuan suatu pangan fungsional dalam mengatasi beberapa gangguan kesehatan sesuai dengan klaim masing-masing. Begitu pula dengan VitaMata, perlu dilakukan studi untuk melihat dampaknya terhadap kesehatan, dalam hal ini kemampuannya dalam menurunkan kadar glukosa, kolesterol total, dan asam urat darah subjek penelitian.

Karakteristik Subjek Penelitian

Karakteristik subjek penelitian ditampilkan pada Tabel 1.

Kadar FFA CPO yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan VitaMata memenuhi standar CPO yang baik/segar ($1,03 \pm 0,08\%$; $\leq 3\%$), derajat keasaman (pH) VitaMata berada pada rentang 4, yang menandakan bahwa produk VitaMata bersifat asam, dan total karotenoid VitaMata mencapai $178,893 \pm 33,931$ ppm, lebih rendah apabila dibandingkan total karotenoid minyak sawit merah ($350,445 \pm 47,064$ ppm) dan sari labu kuning ($393,213 \pm 42,188$ ppm) hasil pengujian

Tabel 1. Karakteristik subjek penelitian

Karakteristik	Jumlah
Jenis kelamin	8 Perempuan 5 Laki-laki
Umur	21 - 25 tahun
Tinggi badan	144,00 - 173,20 cm
Berat badan	44,50 - 71 kg
Keadaan berat badan	Berat badan kurang = 3 orang Normal = 5 orang Berat badan lebih = 5 orang Pra obesitas = 3 orang Obesitas I = 2 orang Obesitas II = 0 orang
Hiperglikemia	0 orang
Hiperkolesterolemia	3 orang
Hiperurisemia	5 orang

Glukosa Darah

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, secara rata-rata telah terjadi peningkatan kadar glukosa darah pada tanpa pemberian VitaMata dan penurunan kadar glukosa darah pada pemberian VitaMata. Tanpa pemberian VitaMata (Pretest vs Test), sebanyak 9 dari 13 subjek penelitian (69,23%) mengalami peningkatan kadar glukosa darah dengan penurunan terbesar 18 mg/dL dan kenaikan terbesar 41 mg/dL, sedangkan pada pemberian VitaMata (Test vs Pretest), subjek penelitian lebih dominan mengalami penurunan kadar asam urat darah (8 dari 13 subjek penelitian; 61,54%) dengan penurunan terbesar 42 mg/dL dan kenaikan terbesar 13 mg/dL. Walaupun secara rata-rata terjadi penurunan, berdasarkan uji t berpasangan, pemberian VitaMata sebanyak 15 ml/hari selama satu minggu (Test vs Posttest) tidak bernilai signifikan ($p=0,1731$; $p>0,05$) pada penurunan kadar glukosa darah subjek penelitian, menandakan bahwa pemberian pada dosis dengan rentang waktu tersebut tidak mampu menurunkan kadar glukosa darah subjek penelitian secara signifikan. Begitu pula nilai signifikansi yang diperoleh dari data tanpa pemberian VitaMata (Pretest vs Test) $p=0,1432$ ($p>0,05$).

Apabila membandingkan perubahan (Δ) kadar glukosa darah tanpa pemberian VitaMata (Pretest-Test) dengan pemberian VitaMata (Test-Posttest) menggunakan uji t tidak berpasangan diperoleh nilai signifikansi $p=0,0434$ ($p<0,05$) yang berarti bahwa terdapat perubahan yang signifikan, dengan kata lain terdapat perbedaan nyata antara mengkonsumsi VitaMata sebanyak 15 mL/hari selama 1 minggu dengan tanpa mengkonsumsi VitaMata, sehingga dapat dikatakan bahwa mengkonsumsi VitaMata sebanyak 15 mL/hari lebih baik dibandingkan tanpa mengkonsumsi VitaMata dalam menurunkan kadar glukosa darah.

Perubahan, dalam hal ini penurunan yang tidak signifikan pada saat pemberian VitaMata kemungkinan disebabkan oleh jumlah dosis yang digunakan dalam perlakuan. Beberapa studi yang berkaitan dengan pengujian kadar glukosa darah menunjukkan bahwa jumlah dosis yang digunakan dalam perlakuan menentukan efektifitas senyawa alami dalam menurunkan kadar glukosa darah hewan uji. Wulandari (2010) menyatakan bahwa pemberian ekstrak bawang merah sebanyak 2 mL/kgBB tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan kadar glukosa darah tikus hiperglikemia. Penurunan signifikan terjadi pada tikus hiperglikemia yang diberikan dosis intervensi sebanyak 4 mL/kgBB. Fahri dkk. (2005) menyatakan bahwa ekstrak metanol akar meniran menunjukkan aktivitas penurunan kadar glukosa darah pada seluruh dosis perlakuan yaitu 2 mg/200g BB, 4 mg/200g BB, 6 mg/200g BB, 8 mg/200g BB dan 10 mg/200g BB. Akan tetapi, dosis 10 mg/200g BB menunjukkan pengaruh penurunan kadar glukosa darah (33,58%) yang signifikan dengan perlakuan Glibenclamide (35,66%), sehingga lebih efektif digunakan untuk menurunkan kadar glukosa darah tikus diabetik.

Pentingnya mempelajari/menemukan dosis yang tepat dalam sebuah perlakuan ialah untuk mengetahui tingkat atau kekuatan pengaruh yang dapat ditimbulkan oleh suatu senyawa/obat. Apabila dosis terlalu sedikit, maka diperkirakan takkan memberi pengaruh yang diinginkan, dan jika dosis terlalu banyak, maka dikhawatirkan akan memberikan efek samping atau

tidak efektifnya fungsi senyawa/obat yang dikonsumsi dalam hal ini hipervitaminosis vitamin A. Pasaribu dkk. (2012) menyatakan bahwa peningkatan dosis pada akhirnya dapat menurunkan respon. Hal tersebut sering terjadi pada obat bahan alam, karena komponen senyawa yang dikandungnya tidak tunggal melainkan terdiri dari berbagai macam senyawa kimia, di mana komponen-komponen tersebut saling bekerja sama untuk menimbulkan efek yang kompleks. Dengan peningkatan dosis, jumlah senyawa kimia yang dikandung akan semakin banyak, sehingga terjadi interaksi yang sukar dijelaskan sebab akibatnya.

Kolesterol Total Darah

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, secara rata-rata telah terjadi penurunan kadar kolesterol darah pada tanpa dan pemberian VitaMata. Tanpa pemberian VitaMata (Pretest vs Test), sebanyak 8 dari 13 subjek penelitian (61,54%) mengalami penurunan kadar kolesterol total darah dengan penurunan terbesar 71 mg/dL dan kenaikan terbesar 30 mg/dL, sedangkan pada pemberian VitaMata (Test vs Pretest), sebanyak 9 dari 13 subjek penelitian (69,23%) mengalami penurunan kadar kolesterol dengan penurunan terbesar 43 mg/dL dan kenaikan terbesar 31 mg/dL.

Hasil penelitian juga menunjukkan 3 dari 13 (23,08%) subjek penelitian terdeteksi mengalami hiperkolesterolemia (kadar kolesterol total >200 mg/dL) pada saat pengambilan sampel darah untuk data observasi Pretest. Sebelum pemberian VitaMata (Pretest vs Test), ketiga subjek penelitian mengalami penurunan kadar kolesterol total, namun pada pemberian VitaMata (Test vs Posttest), satu orang subjek hiperkolesterolemia mengalami kenaikan kadar kolesterol total dan lainnya menurun. Sementara itu, pada subjek penelitian normal, sebelum pemberian VitaMata, 5 orang mengalami penurunan kadar kolesterol total dan 5 orang lainnya mengalami kenaikan, sedangkan pada pemberian VitaMata terdapat 7 orang mengalami penurunan kadar kolesterol total dan 3 orang lainnya mengalami kenaikan.

Walaupun secara rata-rata terjadi penurunan, berdasarkan hasil uji t berpasangan, pemberian VitaMata sebanyak 15 ml/hari selama satu minggu (Test vs Posttest) tidak bernilai signifikan ($p=0,2087$; $p>0,05$) pada penurunan kadar kolesterol total darah subjek penelitian, menandakan bahwa pemberian pada dosis dengan rentang waktu tersebut tidak mampu menurunkan kadar kolesterol total darah subjek penelitian secara signifikan. Begitu pula nilai signifikansi yang diperoleh dari data tanpa pemberian VitaMata (Pretest vs Test) $p=0,2568$ ($p>0,05$).

Apabila membandingkan perubahan (Δ) kadar kolesterol total darah tanpa pemberian VitaMata (Pretest-Test) dengan pemberian VitaMata (Test-Posttest) menggunakan uji t tidak berpasangan, diperoleh nilai signifikansi $p=0,9543$ ($p>0,05$) yang berarti bahwa tidak terdapat perubahan yang signifikan, dengan kata lain tidak terdapat perbedaan nyata antara mengonsumsi VitaMata sebanyak 15 mL/hari selama 1 minggu dengan tanpa mengonsumsi VitaMata.

Perubahan, dalam hal ini penurunan yang tidak signifikan pada saat pemberian VitaMata kemungkinan disebabkan oleh jumlah dosis yang digunakan dalam perlakuan. Beberapa studi yang berkaitan dengan pengujian kadar asam urat darah menunjukkan bahwa jumlah dosis yang digunakan dalam perlakuan menentukan efektifitas senyawa alami dalam menurunkan kadar asam urat darah hewan uji. Nashriana dkk. (2015) menyatakan bahwa pemberian bekatul dan diet tinggi kolesterol secara bersamaan memberikan kadar kolesterol total ($p=0,000$), trigliserida ($p=0,001$), dan LDL ($p=0,048$) yang lebih rendah secara signifikan dibandingkan dengan kondisi diet hiperkolesterol. Dari dosis 10, 30 dan 50%, dosis bekatul sebesar 50% memberikan penurunan signifikan pada kadar kolesterol, trigliserida, dan LDL hingga sama dengan kondisi normal. Hal serupa diungkapkan Rahayu (2005), bahwa cairan kombucha coffee lebih berpengaruh terhadap kadar kolesterol darah tikus putih dibanding kombucha tea dan dosis pemberian cairan kombucha coffee yang paling efektif menurunkan adalah 2,7 mL/200 g BB selama 35 hari dengan frekuensi 2 kali sehari (dibandingkan dosis 1,8 mL/200 g BB).

Asam Urat Darah

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, secara rata-rata telah terjadi penurunan kadar asam urat darah pada tanpa dan pemberian VitaMata. Tanpa pemberian VitaMata (Pretest vs Test), sebanyak 9 dari 13 subjek penelitian (69,23%) mengalami penurunan kadar asam urat darah dengan penurunan terbesar 1,6 mg/dL dan kenaikan terbesar 0,3 mg/dL, sedangkan pada pemberian VitaMata (Test vs Pretest), subjek penelitian lebih dominan mengalami peningkatan kadar asam urat darah (7 dari 13 orang; 53,85%) dengan penurunan terbesar 1,5 mg/dL dan kenaikan terbesar 1,1 mg/dL.

Hasil penelitian juga menunjukkan 5 dari 13 (38,46%) subjek penelitian (2 laki-laki dan 3 perempuan) terdeteksi mengalami hiperurisemia (kadar asam urat >6 mg/dL untuk perempuan, >7 mg/dL untuk laki-laki) pada saat pengambilan sampel darah untuk data observasi Pretest. Sebelum pemberian VitaMata (Pretest vs Test), kelima subjek penelitian mengalami penurunan kadar asam urat, namun pada pemberian VitaMata (Test vs Posttest), 3 orang subjek hiperurisemia mengalami kenaikan kadar asam urat dan lainnya menurun. Sementara itu, pada subjek penelitian normal, sebelum pemberian VitaMata, 4 orang mengalami penurunan kadar asam urat, 3 orang mengalami kenaikan, dan 1 orang lainnya tidak mengalami perubahan, sedangkan pada pemberian VitaMata terdapat 4 orang mengalami penurunan kadar asam urat dan 4 orang lainnya mengalami kenaikan.

Walaupun secara rata-rata terjadi penurunan, berdasarkan uji Wilcoxon, pemberian VitaMata sebanyak 15 ml/hari selama satu minggu (Test vs Posttest) tidak bernilai signifikan ($p=0,8262$; $p>0,05$) pada penurunan kadar asam urat subjek penelitian, menandakan bahwa pemberian pada dosis dengan rentang waktu tersebut tidak mampu menurunkan kadar asam urat darah subjek penelitian. Akan tetapi, nilai signifikansi yang diperoleh dari data tanpa pemberian VitaMata (Pretest vs Test) $p=0,0161$ ($p<0,05$), menunjukkan bahwa sosialisasi pra-penelitian untuk menghindari beberapa pangan tinggi purin mempengaruhi penurunan kadar asam urat darah subjek penelitian secara signifikan.

Apabila membandingkan perubahan (Δ) kadar asam urat darah tanpa pemberian VitaMata (Pretest-Test) dengan pemberian VitaMata (Test-Posttest) menggunakan uji Mann-Whitney diperoleh nilai signifikansi $p=0,0831$ ($p>0,05$) yang berarti bahwa tidak terdapat perubahan yang signifikan, dengan kata lain tidak terdapat perbedaan nyata antara mengonsumsi VitaMata sebanyak 15 mL/hari selama 1 minggu dengan tanpa mengonsumsi VitaMata.

Perubahan, dalam hal ini penurunan yang tidak signifikan pada saat pemberian VitaMata kemungkinan disebabkan oleh jumlah dosis yang digunakan dalam perlakuan. Beberapa studi yang berkaitan dengan pengujian kadar asam urat darah menunjukkan bahwa jumlah dosis yang digunakan dalam perlakuan menentukan efektifitas senyawa alami dalam menurunkan kadar asam urat darah hewan uji. Pribadi dan Ernawati (2010) menyebutkan bahwa pemberian catechin dosis 10, 20, dan 40 mg/Kg BB dapat menurunkan kadar asam urat, CRP (C-Reactive Protein) dan MDA (malondialdehid) tikus putih hiperurisemia akibat induksi otak kambing secara signifikan dan dosis catechin yang paling efektif dalam menurunkan kadar asam urat, CRP dan MDA tikus putih hiperurisemia adalah 40 mg/KgBB. Artini dkk. (2012) juga menyatakan bahwa dari dosis 100, 200, dan 400 mg/kg BB, dosis ekstrak daun sirsak fraksi n-butanol terbaik yang diperoleh untuk menurunkan kadar asam urat pada tikus penelitian adalah 200 mg/kg BB, dengan persentase penurunan sebesar 86,29% ($p=0,001$).

Kesimpulan

Mengonsumsi VitaMata sebanyak 15 mL/hari selama 1 minggu tidak menurunkan kadar glukosa, kolesterol total, dan asam urat darah secara signifikan, namun menurunkan kadar glukosa darah secara signifikan bila dibandingkan tanpa mengonsumsi VitaMata.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini khususnya kepada subjek penelitian yang bersedia berpartisipasi dalam penelitian.

Daftar Pustaka

- ADA. 2004. Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*. 27: 5-10
- Adieni, H. 2008. Asupan Karbohidrat, Lemak, Protein, Makanan Sumber Purin dan Kadar Asam Urat pada Vegetarian. Artikel Penelitian. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Artini, N.P.R., Wahjuni, S., dan Sulihingtyas, W.D. 2012. Ekstrak Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Sebagai Antioksidan pada Penurunan Kadar Asam Urat Tikus Wistar. *Jurnal Kimia*. 6(2): 127-137.
- Ayustaningwarno, F. 2012. Proses Pengolahan dan Aplikasi Minyak Sawit Merah pada Industri Pangan. *Vitasphere*. 2: 1-11.
- Fahri, C., Sutarno, dan Listyawati, S. 2005. Kadar Glukosa dan Kolesterol Total Darah Tikus Putih (*Rattus norvegicus* L.) Hiperglikemik setelah Pemberian Ekstrak Metanol Akar Meniran (*Phyllanthus niruri* L.). *Biofarmasi*. 3(1): 1-6.
- Kasim, E., Kurniawati, Y., dan Nurhidayat, N. 2006. Pemanfaatan Isolat Lokal *Monascus purpureus* untuk Menurunkan Kolesterol Darah pada Tikus Putih Galur Sprague Dawley. *Biodiversitas*. 7(2): 123-126.
- Nashriana, N., Wirjatmadi, B., dan Adriani, M. 2015. Combined Food (Bekatul dan Lemak) Menurunkan Kadar Kolesterol Total, Trigliserida, dan LDL pada Tikus Galur Wistar. *Jurnal Kedokteran Brawijaya*. 28(3): 208-212.

- Pasaribu, F., Sitorus, P., dan Bahri, S. 2012. Uji Ekstrak Etanol Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.) terhadap Penurunan Kadar Glukosa Darah. *Journal of Pharmaceutics and Pharmacology*. 1(1): 1-8.
- Pribadi, F.W. dan Ernawati, D.A. 2010. Efek Catechin terhadap Kadar Asam Urat, C-Reactive Protein (CRP) dan Malondialdehid Darah Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Hiperurisemia. *Mandala Of Health*. 4(1): 39-46.
- Pursriningsih, S.S. 2014. Hubungan Asupan Purin, Vitamin C dan Aktivitas Fisik terhadap Kadar Asam Urat pada Remaja Laki-laki. Artikel Penelitian. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Rahayu, T. 2005. Kadar Kolesterol Darah Tikus Putih (*Rattus Norvegicus* L) Setelah Pemberian Cairan Kombucha Per-Oral. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*. 6(2): 85-100.
- Rahmadi, A., Agustin, S., dan Rohmah, M. 2014. Produk Olahan Emulsi Labu dan Minyak Sawit untuk Intervensi Balita Kurang Vitamin A di Kalimantan Timur. Laporan Hasil Penelitian Penelitian Terapan Unggulan Strategis Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur. Laporan Hasil Penelitian. Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Ramadhani, G.A., Izzati M., dan Parman, S. 2012. Analisis Proximat, Antioksidan dan Kesukaan Sereal Makanan Dari Bahan Dasar Tepung Jagung (*Zea Mays* L.) dan Tepung Labu Kuning (*Cucurbita Moschata* Durch). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 20(2).
- Wijayakusuma, M.H. 2005. *Penyembuhan dengan Labu Parang*. Pustaka Populer Obor. Jakarta.
- Wulandari, C.D. 2010. Pengaruh Pemberian Ekstrak Bawang Merah (*Allium ascalonicum*) terhadap Penurunan Kadar Glukosa Darah pada Tikus Wistar dengan Hiperглиkemia. Artikel Karya Tulis Ilmiah. Universitas Diponegoro. Semarang.

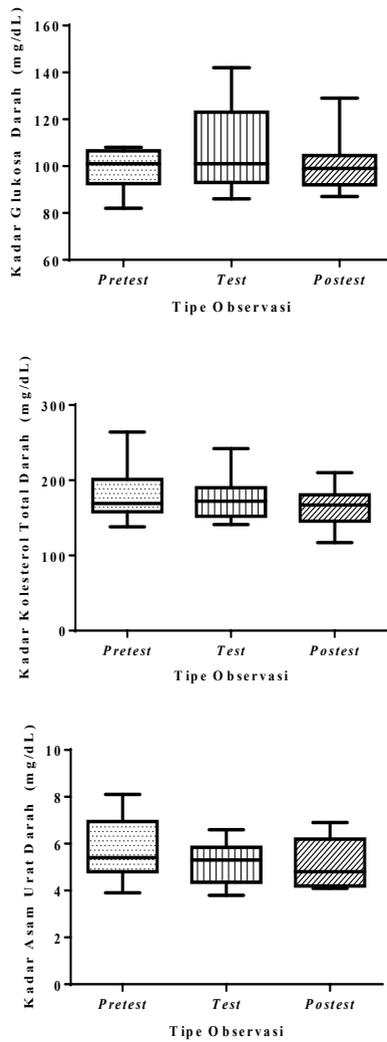
Tabel 2. Hasil pengujian kadar glukosa, kolesterol total, dan asam urat darah subjek penelitian

Pengujian	Tipe Observasi	Mcan	SD	SE	Min-Max	95% CI	Uji T Berpasangan
Glukosa Darah							
	Pretest	99,08	8,02	2,23	82,00 – 108,00	94,23 – 103,90	p = 0,1432
	Test	106,80	17,72	4,91	86,00 – 142,00	96,06 – 117,50	
	Posttest	100,50	11,15	3,09	87,00 – 129,00	93,80 – 107,30	p = 0,1731
Kolesterol Total Darah							
	Pretest	184,8	38,91	10,79	138 – 264	161,3 – 208,4	p = 0,2568
	Test	175,2	27,26	7,56	141 – 242	158,7 – 191,6	
	Posttest	166,1	27,86	7,73	117 – 210	149,2 – 182,9	p = 0,2087
Asam Urat Darah							
	Pretest	5,79	1,27	0,35	3,9 – 8,1	5,02 – 6,55	p = 0,0161*
	Test	5,19	0,92	0,26	3,8 – 6,6	4,63 – 5,75	
	Posttest	5,13	1,06	0,29	4,1 – 6,9	4,49 – 5,77	p = 0,8262

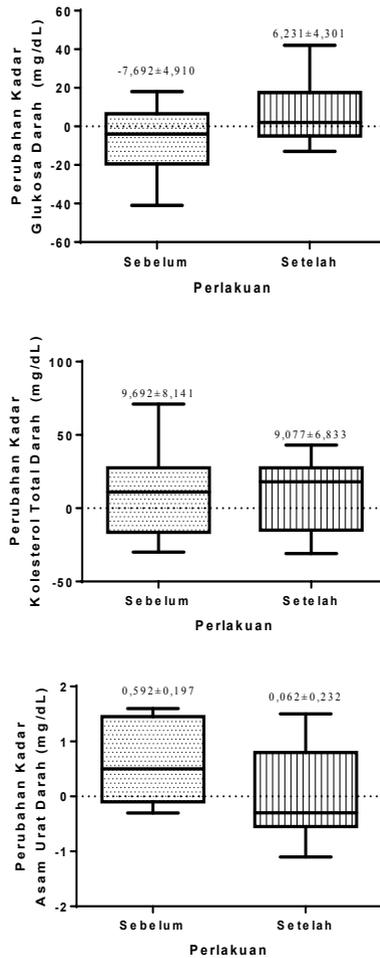
Tabel 3. Perubahan kadar glukosa, kolesterol total, dan asam urat darah subjek penelitian

Pengujian	Perlakuan	Asam Urat Darah (mg/dL) Awal	Asam Urat Darah (mg/dL) Akhir	Δ Asam Urat Darah (mg/dL)	Min - Max Penurunan (mg/dL)	Uji T Tidak Berpasangan
Glukosa Darah	Sebelum	99,08±8,02	106,80±17,72	-7,69±17,70	-41 - 18	p = 0,0434*
	Setelah	106,80±17,72	100,50±11,15	6,23±15,51	-13 - 42	
Kolesterol Total Darah	Sebelum	184,8±38,91	175,2±27,26	9,6±29,35	-30 - 71	p = 0,9543
	Setelah	175,2±27,26	166,1±27,86	9,1±24,64	-31 - 43	
Asam Urat Darah	Sebelum	5,79±1,27	5,19±0,92	0,60±0,71	-0,3 - 1,6	p = 0,0831
	Setelah	5,19±0,92	5,13±1,06	0,06±0,84	-1,1 - 1,5	

Keterangan : Nilai p yang diberi tanda * menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan yang signifikan



Gambar 1. Kadar glukosa, kolesterol total, dan asam urat darah subjek penelitian berdasarkan tipe observasi



Gambar 2. Perbedaan tingkat perubahan kadar glukosa, kolesterol total, dan asam urat darah subjek penelitian sebelum dan setelah pemberian VitaMata

Uji Toksisitas Vitamata Prototipe II Metode *Brine Shrimp Lethality Test Artemia Salina* Leach.

Bohari Yusuf¹⁾, Fenny Dian Lestari¹⁾ dan Anton Rahmadi²⁾

¹⁾Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Mulawarman

²⁾Jurusan Teknologi Hasil Pangan, Fakultas Pertanian Universitas
Mulawarman

Corresponding Author: Lestarifennydian@gmail.com

Principal Investigator: arahmadi@unmul.ac.id

**Dipublikasikan di Prosiding Seminar Nasional Baristanindag
Samarinda 2017**

Pendahuluan

Pemanfaatan produk lokal merupakan upaya memberdayakan potensi ekonomi setempat, sekaligus mengurangi ketergantungan impor bahan pangan fungsional. Semangat ini menjadi pemicu diformulasikannya VitaMata prototipe II yang merupakan produk suplemen minuman emulsi dari hasil kombinasi Fraksi Olein Minyak Sawit Merah (FO-MSM) dan sari labu kuning, dan buah naga.

Kalimantan merupakan salah satu wilayah penghasil sawit terbesar di Indonesia, dimana kelapa sawit tersebut dijadikan sebagai bahan baku minyak goreng yang diperuntukkan untuk konsumsi masyarakat. Minyak sawit yang diproduksi melalui tahap-tahap cukup panjang. Salah satunya yaitu pembentukan minyak sawit kasar atau CPO (Crude Palm Oil). CPO mengandung beberapa kandungan yaitu olein (cair) dan stearin (padat).

Minyak mentah kelapa sawit atau yang biasa dikenal sebagai *Crude Palm Oil* (CPO), merupakan minyak makan nabati yang diperoleh dari mesokarp (sabut) buah pohon kelapa sawit (Ayeleso, 2012). Keunggulan utama minyak sawit adalah kandungan mikro nutriennya yang tinggi terutama β -karoten. Tingginya kandungan β -karoten tersebut menyebabkan minyak sawit berwarna kemerah sehingga sering disebut minyak sawit merah atau disebut dengan red palm oil (RPO) (Ayustaningwarno, 2012). Dari kandungan minyak sawit tersebut dapat dipisahkan antara stearin dan olein. Dimana umumnya yang diambil adalah olein yang biasa disebut minyak sawit merah.

Minyak Sawit Merah (MSM) adalah minyak sawit yang diperoleh tanpa melalui proses pemucatan dengan tujuan mempertahankan kadar karotenoid yang terkandung di dalamnya (Najamuddin dkk, 2012). β -karoten pada minyak sawit merah merupakan provitamin A yang berada pada kondisi larut dalam minyak dan memiliki bioavailabilitas yang lebih baik daripada β -karoten dalam bentuk kristal atau ikatan protein kompleks (Budiyanto dkk, 2010).

Labu kuning merupakan jenis sayuran buah yang memiliki daya awet tinggi dan sumber vitamin A karena kaya karoten, selain zat-zat gizi lainnya seperti karbohidrat, protein, mineral dan vitamin. Kandungan karoten pada buah labu kuning sangat tinggi yaitu sebesar 180,00 SI (Lestari, 2011). Selain itu Labu kuning merupakan sumber karotenoid, pektin, garam mineral, vitamin dan zat bioaktif lainnya, seperti senyawa fenolik (Cerniauskiene *dkk*, 2014).

Buah naga mengandung senyawa kimia vitamin C, vitamin E, vitamin A, flavonoid dan senyawa polifenol yang dapat berfungsi sebagai antioksidan dalam menangkap radikal bebas (Rahmawati & Mahajoeno, 2010). Buah naga merah memiliki betalains yang mengandung fenolik dan struktur non-fenolik yang bertanggung jawab untuk kapasitas antioksidan utama *Hylocereus* ungu, sedangkan fenolik non-betalainik menyumbang komponen antioksidan yang terbatas yaitu $7,21 \pm 0,02$ mg CE/100 gram (Nurliyana *dkk.*, 2010).

Bahan baku minyak sawit merah, labu kuning dan buah naga dapat dijadikan suatu produk yang bermanfaat yaitu produk emulsi Pro Vitamin A yang dinamakan VitaMata Prototipe II. Produk VitaMata Prototipe II ditemukan oleh Rahmadi, *dkk* (2014) yang memformulasikan antara minyak sawit merah, labu kuning dan buah naga merah berdasarkan formulasi tertentu dengan penambahan bahan pangan seperti frambozen, CMC, kayu manis, fruktosa, xhantan gum yang berfungsi sebagai emulsifier dan stabilizer sehingga menghasilkan produk yang mudah untuk dikonsumsi dan dicerna dalam tubuh.

Produk VitaMata Prototipe II yang dihasilkan, melalui beberapa tahap yakni pengujian ALB CPO, pemisahan fraksi olein dari CPO, deodorisasi fraksi olein, lalu kemudian ke tahap pembuatan produk. Produk yang dihasilkan dapat dibuktikan kelayakannya untuk konsumsi melalui uji-uji, seperti uji derajat keasaman, uji kadar β -karoten, uji kadar vitamin C, uji aktivitas antioksidan hingga uji toksisitas dari produk tersebut. Diharapkan, berdasarkan

data yang dihasilkan dapat dijadikan acuan untuk parameter dosis yang tepat untuk mengkonsumsi produk yang dihasilkan.

Uji toksisitas adalah suatu uji untuk mendeteksi efek toksik suatu zat pada sistem biologi dan untuk memperoleh data dosis-respon yang khas dari sediaan uji. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk memberi informasi mengenai derajat bahaya sediaan uji tersebut bila terjadi paparan pada manusia, sehingga dapat ditentukan dosis penggunaannya demi keamanan manusia (Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia Nomor 7. 2014).

Metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) merupakan salah satu metode untuk menguji bahan-bahan yang bersifat toksik (Harmita dan Radji, 2008) dengan menggunakan larva udang (*Artemia salina* L) sebab memiliki membran kulit yang sangat tipis, sehingga memungkinkan terjadinya difusi zat dari lingkungan yang mempengaruhi metabolisme dalam tubuhnya selain itu memiliki pori-pori yang besar sehingga dapat menyerap toksik lebih banyak (Ansel, 1989).

Menurut Meyer dkk (1982), toksisitas ditentukan dengan melihat LC_{50} -nya lebih kecil atau sama dengan $1000\mu\text{g}/\text{mL}$ ($LC_{50} \leq 1000\mu\text{g}/\text{mL}$). Terdapat tiga tingkatan toksisitas yaitu pada $LC_{50} > 1000$ ppm dikatakan tidak toksik, pada $31 \text{ ppm} \leq LC_{50} \leq 1000$ ppm bersifat Toksik dan $LC_{50} < 30$ ppm maka ekstrak dikatakan sangat toksik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar β -karoten dan kadar toksisitas dari produk VitaMata prototipe II yang kaya akan β -karoten. VitaMata prototipe II berbahan dasar Fraksi Olein Minyak Sawit Merah (FO-MSM), buah naga merah dan labu kuning. Dengan variasi konsentrasi karbon aktif FO-MSM yaitu 2 dan 4% dan tanpa karbon aktif yaitu 0%. Untuk mendapatkan kadar β -karoten pada VitaMata menggunakan metode PORIM. Sedangkan untuk mendapatkan kadar toksisitas menggunakan metode BSLT.

FO-MSM (Fraksi Olein Minyak Sawit Merah)

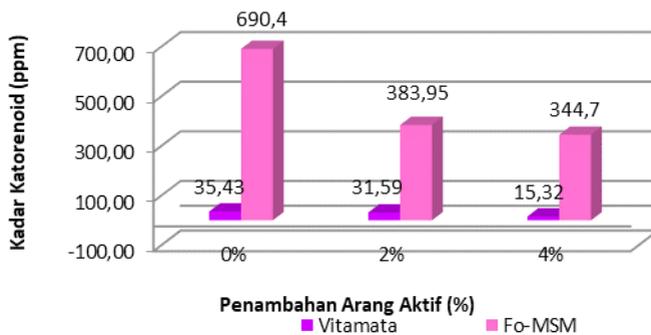
Kadar FFA CPO diperoleh sebesar 3,17%, sehingga dapat digunakan untuk tahap selanjutnya. Lalu CPO tersebut diekstraksi dengan air hangat (80-90°C) dan ditambahkan NaOH 10%. Salah satu tahapan dalam pemurnian minyak sawit secara kimia adalah deasidifikasi atau netralisasi. Deasidifikasi dilakukan setelah tahap *degumming* (penghilangan gum) untuk memisahkan asam lemak bebas yang terbentuk oleh aktivitas enzim, mikroba, uap air dan oksigen pada pasca panen sawit. Deasidifikasi dilakukan dengan menggunakan alkali, yang merupakan metode yang paling umum dilakukan karena lebih murah dan efisien dalam mereduksi asam lemak bebas pada minyak mentah atau kasar sampai kadar tertentu yang diinginkan (Wirdata dkk, 2012). CPO diekstraksi secara berulang-ulang dengan air hangat, hingga diperoleh fraksi olein yang berwarna merah pada fase atas.

Pembuatan emulsi

Pada pembuatan produk emulsi dibutuhkan emulsifier dan stabilizer untuk pembentukan emulsi yang stabil (Rahmadi dkk., 2014). Emulsifier yang digunakan dalam penelitian ini adalah xhantan gum yang berfungsi menjaga tegangan permukaan droplet lemak didalam minyak agar tetap dalam kondisi stabil dan tidak terpisah, sedangkan stabilizer yang digunakan adalah CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) dan digunakan bahan lain yang ditambahkan untuk produk VitaMata adalah bubuk kayu manis, sirup fruktosa/HFS (*High Fructose Syrup*) digunakan untuk memberi rasa manis, asam sitrat digunakan sebagai bahan pengawet dan pengatur keasaman dan juga perisa *orange* digunakan untuk menyembunyikan rasa dan aroma khas minyak sawit (Rahmadi dkk., 2014).

Kadar β -karoten Fraksi Olein Minyak Sawit Merah

Hasil analisa kadar Vitamata dan kadar FO-MSM dengan variasi tanpa penambahan karbon aktif (0%) sebagai kontrol, penambahan karbon aktif 2 dan 4% dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Hasil analisa β -karoten VitaMata dan FO-MSM dengan variasi tanpa karbon aktif 0%, dengan karbon aktif 2% dan 4%.

Berdasarkan analisa data yang diperoleh penambahan karbon aktif mempengaruhi β -karoten, yaitu semakin banyak karbon aktif yang digunakan maka akan semakin menurun kadar β -karoten yang terkandung dalam sampel hal ini dapat dilihat pada gambar 1. Vitamata mula-mula (0%) sebesar 35,4275 ppm. Penggunaan karbon aktif 2 dan 4% menyebabkan kadar karotenoid menurun menjadi 43,24% dan 89,16%.

Hal ini pun demikian pada kadar betakaroten FO-MSM mengalami penurunan yaitu sebesar pada FO-MSM 0% sebesar 690,4 ppm sedangkan pada penambahan karbon aktif 2 dan 4% menjadi 49,9 dan 55,5%. Semakin banyak karbon aktif yang digunakan maka akan semakin menurunkan kadar β -karoten yang terkandung dalam sampel. Hal lain yang menyebabkan me-

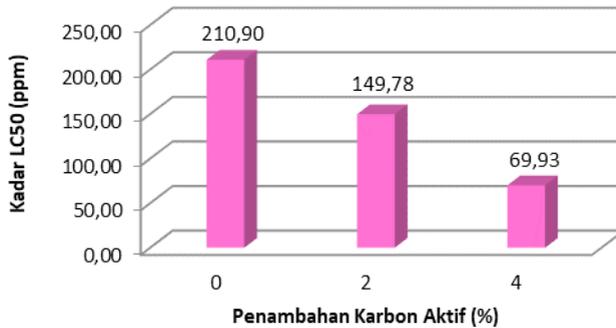
nurunnya betakaroten pada FO-MSM yaitu adanya proses deodorisasi dan *bleaching*. Deodorisasi dilakukan dengan pemanasan pada suhu 100°C, kecepatan 60 RPM, tekanan 80-90 mmHg, selama 5 jam untuk menghilangkan bau dari minyak. Proses *bleaching* karbon aktif juga efektif menurunkan aroma pada FO-MSM (data tidak ditampilkan), namun berisiko menyebabkan kandungan karoten minyak sebagai sumber komponen antioksidan terbesar minyak sawit (Sibirian dkk, 2014).

Kadar betakaroten VitaMata prototype II mengalami penurunan yang drastis dibandingkan dengan kadar betakaroten FO-MSM. Hal ini disebabkan adanya penambahan bahan baku lainnya seperti ekstrak buah naga merah dan zat adiktif (perisa *orange*) yang mungkin mempengaruhi sensitifitas uji PORIM.

Uji toksisitas Metode BSLT

Uji toksisitas merupakan uji pendahuluan untuk mengamati aktivitas farmakologi suatu senyawa (Sari, 2013). Kadar LC_{50} yang diperoleh dari probit SAS (*Statistic Analysis System*). Nilai ini menunjukkan bahwa sampel tersebut mampu membunuh larva udang hingga 50% populasi. Pada perlakuan kontrol atau tanpa penambahan karbon aktif, LC_{50} terhadap *A. salina* adalah sebesar 210,90 ppm. Nilai LC_{50} ini lebih besar daripada pada perlakuan penambahan arang aktif sebesar 2 dan 4% yaitu 149,78 dan 69,93 ppm.

Nilai LC_{50} yang diperoleh menyatakan bahwa penambahan karbon aktif mempengaruhi adanya nilai LC_{50} , semakin banyak konsentrasi karbon aktif yang diberikan maka LC_{50} diperoleh semakin rendah, sehingga bersifat toksik. Prinsip uji toksisitas ialah komponen bioaktif selalu bersifat toksik jika diberikan dalam dosis tinggi, sebaliknya obat adalah racun dari suatu bahan bioaktif dosis rendah (Sari, 2013). Penggunaan DMSO diduga menurunkan LC_{50} terhadap *A. salina*, sehingga perlu dilakukan analisis ulang tanpa menggunakan DMSO sebagai pelarut. Selanjutnya, analisa ini perlu dikonfirmasi dengan uji toksisitas lanjut pada hewan uji tikus untuk melihat nilai LC_{50} VitaMata terhadap hewan.



Gambar 2. Nilai LC_{50} Vitamata pada kadar penambahan arang aktif 0%, 2% dan 4%.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif mempengaruhi kadar karotenoid dalam sampel FO-MSM dan Vitamata, serta mempengaruhi nilai LC_{50} yang diperoleh. Semakin banyak karbon aktif yang digunakan maka kadar β -karoten semakin turun dan nilai LC_{50} juga semakin rendah. Sampel FO-MSM dan vitamata 0% memiliki kadar β -karoten yang tinggi dibandingkan dengan penambahan karbon aktif 2 dan 4% yaitu sebanyak 690,4 dan 35,43 ppm. Pada sampel vitamata 4% memiliki LC_{50} yang paling rendah menandakan adanya kemungkinan senyawa bioaktif dalam sampel vitamata 4% tersebut. Uji toksisitas lanjutan dengan tikus perlu dilakukan untuk mengonfirmasi hasil ini.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kemristekdikti atas pendanaan penelitian ini melalui Hibah PUPT tahun anggaran 2017 a.n. Dosen Pembimbing: Anton Rahmadi.

Daftar Pustaka

- Ansel, C. H. (1989). Pengantar Bentuk Sediaan Farmasi Edisi Keempat. Jakarta: UI-Press.
- Ayeleso, A.O., Oguntibeju, O.O., and Brooks, NL. (2012). Effects of Dietary Intake of Red Palm Oil on Fatty Acid Composition and Lipid Profiles in Male Ristar Rats. *Afrikan Journal of Biotechnology*. 11(33): 8275-8279.
- Ayustaningwarno, F. (2012). Proses Pengolahan dan Aplikasi Minyak Sawit Merah Pada Industri Pangan. *Vitasphere*. 2: 1-11.
- Budiyanto dkk. (2010). Perubahan Kandungan β -Karoten, Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida Minyak Sawit Merah Selama Pemanasan. *Agritech*. Vol 30, No. 2. Bengkulu.
- Cerniauskiene, et.al. (2014). Pumpkin fruit flour as a source for food enrichment in dietary fiber. *Not Bot Horti Agrobo*. 42(1):19-23.
- Lestari, A. R. (2011). Efektifitas Gliserol Monostearat (GMS) Terhadap Mutu Donat Labu Kuning. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Surabaya.
- Meyer., Laughlin and Ferngni. (1982). Brine Shrimp. Convenient general bioassay for active constituents. *Planta Medica*. 45, 3-4.
- Najamuddin dkk, (2012). Pemanfaatan minyak sawit merah dalam pembuatan biskuit Kaya beta karoten. *Media Gizi Masyarakat Indonesia*. 1(2) :117-121.
- Nurliyana, R., et.al (2010). Antioxidant study of pulp and peel dragon fruits: a comparative study. *International Food Research Journal*. 17: 365-375.

- Badan Pengawas Obat Dan Makanan. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia Nomor 7. (2014). Pedoman Uji Toksisitas Nonklinik Secara In Vivo. Jakarta.
- Rahmadi, A., Agustin, S., dan Rohmah, M. (2014). Produk Olahan Emulsi Labu dan Minyak Sawit Untuk Intervensi Balita Kurang Vitamin A di Kalimantan Timur. Laporan Hasil Penelitian Terapan Unggulan Strategis Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur, Universitas Mula-warman, Samarinda.
- Rahmawati, B. dan Mahajoeno, E. (2010). Variasi morfologi, isozim dan kandungan vitamin C pada varietas buah naga. *Nusantara Bioscience*. 1, 131-137.
- Sari, D. F. (2013). Uji B dan Penentuan Aktifitas Antioksidan Dengan Metode DPPH Dari Metabolit Sekunder Fraksi n-Heksan, Etil Asetat dan Metanol-Air Daun Sisik Naga (*Drymoglossum piloselloides* [Linn.] Pr.). UNMUL FMIPA Kimia, Samarinda.
- Siburian, A. M., Agnes Sartika Doharma Pardede, Setiarty Pandia. 2014. Pemanfaatan Adsorben Dari Biji Asam Jawa untuk Menurunkan Bilangan Peroksida Pada Cpo (Crude Palm Oil). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 3, 4
- Widarta, I.W., Andarwulan, R.N., dan Haryati, T. 2012. Optimasi Proses Deadisifikasi dalam Pemurnian Minyak Sawit Merah Skala Pilot Plant. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 23(1): 23-36

Kajian Penerapan HACCP, GMP dan Aspek Kesiapan Penerapan SNI Seri 9000 pada UKM Cake Salak Kilo Balikpapan

Ilmayanti and Anton Rahmadi

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas
Mulawarman.

Corresponding Author : ka.iilyanti@gmail.com

Program Supervisor: arahmadi@unmul.ac.id

**Dipublikasikan di Prosiding Seminar Nasional Baristanindag
Samarinda 2017**

Pendahuluan

Usaha Kecil Menengah (UKM) merupakan industri yang memiliki fungsi penting bagi Indonesia terutama dalam sumbangsih perekonomian negara. UKM yang bergerak di bidang pangan (makanan/minuman) merupakan salah satu jenis UKM yang banyak jumlahnya dan terus berkembang dengan berbagai inovasi dari keragaman komoditas lokal. Akan tetapi proses perkembangan UKM masih memiliki beberapa kendala dalam memenuhi tingkat kepuasan konsumen. Kendala-kendala tersebut diantaranya adalah belum adanya jaminan terhadap keamanan dan mutu pangan. Permasalahan mengenai keamanan dan jaminan mutu pangan merupakan permasalahan penting bagi industri makanan. Tuntutan keamanan pangan terus meningkat seiring dengan tingginya permintaan konsumen. Industri makanan harus melakukan perbaikan berkelanjutan demi mendapatkan mutu produk yang baik. Mutu produk yang baik dengan tingkat keamanan yang tinggi akan didapatkan apabila setiap tahapan proses beserta pemakaian bahan baku telah sesuai dengan prosedur dan standar yang berlaku.

GMP merupakan prosedur produksi yang dilaksanakan dengan tujuan untuk memenuhi tuntutan konsumen dalam mendapatkan produk dengan keamanan dan mutu yang terstandar (keputusan kementerian kesehatan RI nomor 23/MEN KES/SKJI/1978 tentang Pedoman Cara produksi yang Baik, 1978). Secara luas, GMP terfokus pada aspek pelaksanaan tugas dalam pabriknya sendiri serta operasi personel. HACCP sebagai sistem manajemen mutu dibuat berdasarkan pada kesadaran terhadap bahaya yang dapat timbul pada berbagai titik atau tahap produksi tetapi masih dapat dilakukan pengendalian untuk mengontrol bahaya-bahaya tersebut (Winarno dan Surono, 2004). HACCP lebih ditekankan pada pencegahan bahaya yang akan timbul tidak hanya pada produk akhir tetapi juga pada tahapan proses produksinya. HACCP tidak hanya berfungsi untuk melakukan tindakan pencegahan terhadap bahaya yang akan timbul tetapi juga sebagai salah satu nilai jual bagi industri/UKM dalam menembus pasar nasional maupun internasional.

Seiring dengan peningkatan upaya dalam menjaga mutu dan keamanan pangan, Standar nasional Indonesia (SNI) memiliki peran yang sangat strategis dalam meningkatkan mutu produk pangan serta produktivitas bagi para industri makanan/UKM. Tahun 1987 *International Organization for Standardization* telah mengeluarkan rangkaian standar yang merupakan pedoman untuk melaksanakan sistem jaminan mutu yaitu ISO seri 9000. ISO seri 9000 merupakan suatu tuntutan pasar karena merupakan standar yang dapat diterima secara internasional. Standar ini dapat diterapkan pada seluruh jenis industri

UKM Cake Salak Kilo Balikpapan merupakan industri pangan yang secara khusus mengolah berbagai macam produk hasil olahan buah salak dari petani lokal. Industri yang dalam tahap pengembangan ini telah memiliki banyak prestasi sejak berdiri ditahun 2012 lalu. Sebagai UKM yang konsisten dan berkomitmen dalam meningkatkan kualitas, UKM ini masih memiliki beberapa kekurangan dalam memenuhi tingkat kepuasan pelanggan dalam bidang mutu dan keamanan pangan apabila dilihat dari segi infrastruktur dan sistem karena belum diperolehnya beberapa bentuk sertifikasi terkait mutu dan keamanan pangan.

Oleh karena itu penelitian ini dilakukan sebagai kegiatan lanjutan dari program pendampingan UKM menuju standar GMP, HACCP dan SNI seri 9000 pada UKM terkait untuk memenuhi standar dari sebuah industri makanan.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah menganalisa permasalahan yang ditemui, memperbaiki penerapan GMP dan HACCP serta mengkaji kesiapan penerapan SNI pada UKM Cake Salak Kilo Balikpapan.

Identifikasi Permasalahan

Hasil identifikasi terhadap permasalahan yang terdapat didalam UKM Cake Salak Kilo Balikpapan ditemukan beberapa kendala dalam mendapatkan sertifikasi. Kajian aspek GMP yang dilakukan pada UKM Cake Salak Kilo meliputi lingkungan dan lokasi, bangunan produksi, fasilitas sanitasi, alat produksi, bahan, proses pengolahan, produk akhir, laboratorium dan pemeriksaan, karyawan, kemasan, pelabelan dan penyimpanan. Dari beberapa aspek tersebut, UKM Cake Salak Kilo Balikpapan telah memenuhi berbagai standar setelah dilakukan pendampingan selama kurang lebih 1 bulan akan tetapi masih harus melakukan perbaikan terhadap beberapa aspek GMP. Secara lengkap hasil kajian nilai penerapan GMP dapat dilihat pada Tabel 1.

Lokasi dan lingkungan pabrik

Lokasi dan lingkungan dari UKM Cake Salak kilo Balikpapan terletak di Perumahan Griya permata Asri Gunung Bahagia Balikpapan. Jarak antara lokasi dan tempat pembuangan sampah serta polusi cukup jauh

yaitu lebih dari 500 m. Pabrik tersebut terletak tidak pada pemukiman yang padat penduduk sehingga jauh dari cemaran. Lokasi UKM juga tidak berdekatan dengan lokasi dari industri lainnya.

Bangunan pabrik

Bangunan produksi terdiri dari beberapa bagian diantaranya yaitu ruang produksi, ruang penyimpanana, ruang alat, dapur, tempat pengeemasan dan toilet yang berada jauh dari ruang produksi dan dapur. Pada pengkajian GMP, beberapa aspek yang diamati dari bangunan pabrik diantaranya adalah pintu, jendela,

dinding bangunan, langit-langit, ventilasi dan pencahayaan, pembuangan air serta lantai. Semua aspek tersebut telah memenuhi persyaratan GMP. Bangunan pabrik telah dibuat dan disusun dengan perencanaan yang memenuhi persyaratan teknik dan higien sesuai dengan jenis produk.

Sarana higien/fasilitas sanitasi

Fasilitas higien dan sanitasi karyawan cukup memadai seperti sarana toilet, sarana pembuangan, sarana pencucian tangan dan sarana penyediaan air telah dilengkapi dengan

tempat persediaan air dan pemipaan pembagi yang dapat mengaliri semua saluran pengairan dilokasi produksi.

Sarana produksi

Sarana produksi pada UKM tersebut terdiri atas *freezer*, oven, *mixer* dan peralatan memasak lainnya. Secara umum peralatan tersebut terbu-

at dari stainless sehingga aman dari korosi. Semua sarana produksi digunakan sesuai dengan jenis produk dan aktivitas produksi.

Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam produksi harus memenuhi syarat yaitu aman dari bahaya dan mendapatkan izin kesehatan. Secara umum, bahan yang digunakan dalam UKM ini telah memenuhi standar. Hanya saja pada bahan baku yang merupakan hasil pertanian dengan sifat fisik yang mudah rusak perlu ditangani dengan menggunakan cara dan metode yang benar serta aman untuk

dikonsumsi. Sehingga harus dilakukan tindakan perbaikan terhadap pengolahan bahan baku menggunakan bahan tambahan pangan sesuai dengan fungsinya dan dengan takaran yang telah ditetapkan. Pelaksanaan pendampingan, audit rutin dan tindakan perbaikan perlu terus dilaksanakan untuk memantau komitmen manajemen UKM dalam menerapkan GMP.

Proses pengolahan

Proses pengolahan produk-produk dalam UKM ini telah memenuhi

kriteria dengan penanganan terhadap formula dasar untuk setiap jenis

produk dan prosedur pengolahan yang sesuai dengan standar. Masing-masing bahan yang digunakan dalam setiap formula dasar memenuhi persyaratan mutu sesuai dengan jumlah bahan yang digunakan untuk satu kali pengolahan dengan

pemeriksaan bahan yang benar. Sedangkan pada bagian prosedur pembuatan disesuaikan dengan instruksi tertulis pengolahan yang menyebutkan nama, waktu, jenis, tahap dan jumlah produk yang dihasilkan.

Produk Akhir

Produk akhir yang dihasilkan oleh UKM terkait telah memenuhi persyaratan mutu dan ketetapan. Pro-

duk akhir juga melalui proses pemeriksaan secara fisik dan organoleptik sebelum diedarkan.

Laboratorium

Karena keterbatasan dari akses UKM terhadap pemeriksaan karyawan, bahan dan produk secara

langsung pada laboratorium sehingga UKM terkait belum memenuhi standar pada bagian laboratorium.

Kemasan

Kemasan yang digunakan pada produk dari UKM terkait telah berjalan sesuai fungsinya yaitu dapat melindungi dan mempertahankan isinya terhadap pengaruh dari luar. Aman

terhadap bahan pangan, mencantumkan tanggal produksi dan batas pemakaian, dapat menjamin keutuhan isinya serta tidak merugikan pihak konsumen.

Pelabelan

Label pada kemasan dari UKM terkait telah mencantumkan keterangan-keterangan dari produk dan

telah membedakan masing-masing jenis dan ukuran label untuk produk yang berbeda.

Penyimpanan

Semua jenis bahan dan peralatan yang digunakan dalam seluruh aktivitas UKM telah terjamin dari peredaran kontaminan dan terpisah dari bahan-bahan berbahaya serta dibedakan berdasarkan jenis dan

fungsinya. Secara keseluruhan kondisi penyimpanan dari UKM terkait telah sejalan dengan peraturan yang ditetapkan. Sehingga UKM ini telah memenuhi standar dalam bidang penyimpanan.

Pemeliharaan dan Penanganan Limbah

Pemeliharaan terhadap bangunan, kontaminan, alat dan pelengkap telah sesuai dengan prosedur pemeliharaan dari GMP. Akan tetapi hingga akhir pendampingan UKM terkait belum mampu melakukan penanganan limbah yang benar karena belum memenuhi kriteria dalam GMP. Bentuk limbah padat tidak ditangani dengan detail yang benar sedangkan limbah cair tidak dilakukan penangan terlebih dulu dan dilakukan pembuangan langsung ke dalam pembuangan yang sama dengan pembuangan milik lingkungan sekitar pabrik.

Dari aspek HACCP pengkajian yang dilakukan meliputi tindakan pengendalian terhadap bahaya yang akan timbul dalam setiap proses. Pengkajian tersebut merupakan cara

untuk menemukan tahap kritis dalam rantai produksi serta distribusi sehingga produk yang dihasilkan aman. Selama masa pendampingan UKM Cake salak Kilo Balikpapan telah menyusun dokumen mengenai rancangan HACCP dan telah mengimplementasikannya dengan benar. Penyusunan dan implementasi ini akan terus dilakukan perbaikan berkelanjutan. Masing-masing tahapan produksi dan distribusi telah berada sesuai dengan batas prosedur yang diberlakukan. Pelaksanaan HACCP dilakukan dengan penerapan penentuan bahaya. Prinsip ini dilakukan untuk memudahkan identifikasi CCP. Dalam prinsip ini bahaya yang dianalisis adalah bahaya yang berasal dari bahaya kimia, fisik dan biologi. Proses produksi produk-produk dari UKM Cake Salak Kilo memiliki 1

CCP yaitu bahan baku (buah salak). Pada bahan baku terdapat bahaya yaitu adanya residu pestisida dan bahan tambahan pangan karena proses penanaman dan tidak dilakukan

pengecekan terhadap kandungan pestisida dan kandungan bahan tambahan pangan dari proses penanganan bahan baku.

Tabel 1. Kategori Penerapan GMP pada UKM Cake Salak Kilo Balikpapan

No	Parameter	Kategori Penerapan GMP
1	Lokasi dan lingkungan	Memenuhi
2	Bangunan	Memenuhi
3	Fasilitas sanitasi	Memenuhi
4	Saranan produksi	Memenuhi
5	Bahan	Belum memenuhi
6	Proses pengolahan	Memenuhi
7	Produk akhir	Memenuhi
8	Laboratorium	Belum memenuhi
9	Kemasan	Memenuhi
10	Pelabelan	Memenuhi
11	Penyimpanan	Memenuhi
12	Pemeliharaan dan penanganan limbah	Belum memenuhi

Peninjauan kembali sistem HACCP perlu dilakukan secara berkelanjutan dengan menjadikan data-data hasil peninjauan sebagai bentuk audit internal HACCP untuk memverifikasi hasilnya. Data-data hasil peninjauan juga dapat dijadikan sebagai bentuk dokumentasi dan pencatatan keamanan produk.

Sementara itu, kajian terhadap aspek kesiapan penerapan SNI me-

liputi proses sistem manajemen mutu, pengendalian dokumen beserta rekaman dokumen, pemantauan, pengelolaan sumber daya, fokus pada pelanggan, kebijakan mutu, pedoman mutu, sasaran mutu dan rekaman mutu, pengukuran, analisa dan tindakan perbaikan. UKM Cake Salak Kilo Balikpapan telah menyediakan sumber daya yang diperlukan untuk menerapkan,

memelihara sistem dan pernaikan efektifitas dalam memenuhi persyaratan pelanggan. Dalam melaksanakan pekerjaannya, sumber daya tidak hanya harus memiliki kompetensi atas dasar pendidikan tetapi juga keterampilan, pelatihan dan pengalaman yang sesuai. Oleh karena itu perlu adanya peningkatan keterampilan sumber daya melalui pelatihan-pelatihan yang diberikan secara bergilir dan sama rata. Sementara itu sistem manajemen mutu harus mencakup pernyataan terdokumentasi, pedoman mutu, prosedur dan rekaman serta dokumen. Namun dalam perjalanannya,

UKM terkait belum mampu mendokumentasikan secara lengkap dan belum mampu merekam rekaman terdokumentasi yang disyaratkan oleh standar ini untuk memberikan bukti kesesuaian dengan persyaratan dan beroperasinya sistem manajemen mutu yang harus dikendalikan. Dalam sebuah industri, pimpinan puncak dituntut harus memastikan bahwa persyaratan pelanggan ditetapkan dan dipenuhi dengan sasaran untuk meningkatkan kepuasan pelanggan dan terus diperbaharui dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan form 7.2.1 dan 8.2.1.

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil kajian terhadap penerapan GMP, HACCP dan kesiapan menuju SNI seri 9000, UKM Cake Salak Kilo balikpapan masih harus meningkatkan perbaikan tindakan pengendalian bahaya pada proses penanganan bahan baku dan limbah serta menerapkan aspek pemeriksaan/laboratorium. UKM Cake Salak Kilo belum siap dalam menerapkan SNI seri 9000 sehingga masih perlu adanya pendampingan melekat untuk mencapai kesiapan tersebut dengan menerapkan aspek-aspek yang masih harus dipenuhi dalam implementasi SNI seri 9000.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada UKM Cake Salak Kilo Balikpapan dan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Mula-warman atas dukungan dan bantuan selama proses pendampingan.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. 1998. Sistem Analisa Bahaya dan Pengendalian titik kritis (HACCP) serta Pedoman Penerapannya. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. Sistem manajemen Mutu ISO 9001:2008. Jakarta
- Departemen kesehatan RI. 1978. Keputusan Menteri kesehatan RI Nomor 23 Tahun 1978, tentang Pedoman Cara Produksi Yang BAIK Untuk Makanan. Jakarta
- Winarno, F. G dan Surono. 2004. Cara Pengolahan pangan yang baik. Direktorat Tanaman Sayuran dan Biofarmaka. Bogor.

Polemik Nata de Coco Berbahan Baku Pupuk Urea

Anton Rahmadi

Dipublikasikan di Buku Pangan Harapan - PATPI 2016

Kasus keamanan pangan di tahun 2015 rupanya marak diangkat. Di awal tahun terdengar tentang saos tomat yang bukan berasal dari tomat, bakso sapi dicampur celeng, dan sebagainya. Baru-baru ini mencuat kasus *nata de coco* berbahan baku pupuk urea.

Nata de coco dan sejenisnya merupakan makanan yang populer di masyarakat, utamanya di bulan puasa, dimana *nata* biasanya menjadi konsumsi harian berbuka puasa. Apa sebenarnya *nata*? *Nata* secara ilmiah adalah *cellulosic exopolysaccharide acetan* atau serat selulosa yang diproduksi oleh kelompok bakteri penghasil enzim ekstraseluler, misalnya yang populer *Acetobacter (Gluconobacter) xylinum*, yang ramai diberitakan saat ini.

Bakteri penghasil selulosa ditumbuhkan pada substrat yang mengandung nutrisi kaya akan gula (glukosa), nitrogen, fosfat dan sulfur. Komponen-komponen nutrisi ini umumnya ditemukan di jus buah-buahan maupun air kelapa. Secara tradisional *nata de coco*, berarti *nata* dari air kelapa, adalah makanan tradisional asal Filipina yang kemudian populer di seluruh dunia. Riset seputar pengembangan bakteri *Acetobacter xylinum* dalam produksi *nata de coco* dapat dikilas balik hingga tahun 1954 oleh Schramm dan Hestrin.

Ramai diberitakan tentang penggunaan pupuk ZA atau dikenal dengan urea sebagai salah satu substrat pembuatan *nata de coco*. Ini menimbulkan kontroversi, tidak hanya di masyarakat awam, tetapi juga di kalangan ahli pangan (*food technologists*). Gampangnya, pupuk sebenarnya dilarang karena berpotensi tidak aman (bukan *food grade*), akan tetapi proses lanjutan pembuatan *nata* sangat memungkinkan substrat tersisa (apabila ada) dan *impurity* (ketidakmurnian) akan terbuang dengan pencucian berulang.

Perlu diingat komposisi utama pupuk urea amino adalah methanamida ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) dan pupuk ZA adalah ammonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), keduanya dapat digunakan sebagai sumber N, namun yang lebih populer adalah pupuk ZA. Secara komersial, ammonium sulfat tersebut tersedia dalam dua kategori: untuk makanan (*food grade*) dan bukan untuk makanan (*non food*

grade). Yang *food grade* berstatus *generally recognized as safe* (GRAS) dalam batasan tertentu, yang *non food grade* tentu saja tidak boleh dipakai dalam makanan. Permasalahannya adalah, ammonium sulfat dalam bentuk pupuk ini murah dan banyak tersedia.

Apa itu bahan kimia *food grade*? Menurut ScienceCompany, bahan kimia dapat digolongkan sebagai *food grade* adalah yang minimal sudah memiliki spesifikasi layak konsumsi sebagaimana ditentukan secara global oleh United States Pharmacopeia (USP) dan National Formulary (USP-NF). Dibawah kategori ini adalah untuk penggunaan laboratorium non makanan dan teknis, seperti pupuk dan industri non-makanan. Salah satu standar yang umum digunakan untuk bahan baku makanan adalah standar FCC (*food chemical codex*). FCC untuk ammonium sulfat yang boleh digunakan sebagai bahan pangan adalah tidak boleh mengandung logam berat yang terdiri dari arsenik lebih dari 0.5 ppm, besi 15 ppm, dan selenium 5 ppm.

Mari dibandingkan dengan pupuk urea dan ZA. Untuk pupuk urea (standar US 756:2007), kandungan biuret, atau bahan pestisida golongan kolinesterase, adalah 1,5%, logam berat yang terdiri dari arsenik 20 ppm, atau 40 kali lebih tinggi dari FCC *grade*, kadmium 7 ppm, merkuri 0.1 ppm, selenium 1 ppm, timbal 30 ppm, dan kromium 500 ppm. Berdasarkan standar US 757:2007, kandungan logam berat pada pupuk ZA terdiri dari 50ppm arsenik, atau sekitar 100 kali lebih tinggi dari FCC *grade*, timbal 30 ppm, atau sekitar 10 kali lebih tinggi dari FCC *grade*, merkuri 5 ppm, kromium 150 ppm, dan kobalt 100 ppm. Tiga logam berat terakhir seharusnya tidak terdeteksi di standar FCC *grade*.

Standar produk *nata de coco* sebenarnya sudah ditetapkan Pemerintah melalui SNI nomor 01-4317-1996, dimana produk akhir tidak diperkenankan mengandung bahan asing. Yang dimaksud bahan asing disini sepertinya lebih ke arah cemaran kasat mata seperti debu, potongan kayu, serangga, dsb. Akan tetapi, *trace element* yang diakibatkan impuritas substrat belum menjadi fokus dari standar produk *nata de coco*. Standar lain yang mengatur tentang kandungan logam berat dalam makanan adalah standar SNI 01-2896-1998.

Kalau boleh disebutkan, insiden penggerebekan UKM produsen *nata de coco* beberapa waktu silam berada dalam “*grey area*”, maksudnya tidak diatur secara hitam dan putih secara cukup gamblang. Ini adalah buah simalakama bagi regulator. Sebabnya, penggunaan urea yang sangat populer, bukan hanya di tingkat UKM, tetapi juga seakan menjadi standar *de facto* proses pembuatan *nata* di berbagai skripsi. Akan tetapi bila dikaji lebih lanjut, penggunaan pupuk urea sebagai substrat *nata* ternyata memiliki beberapa unsur risiko.

Risiko *nata* berbahan baku pupuk

Risiko pertama adalah ancaman penggunaan urea atau ZA sebagai substrat yang bukan berkualifikasi untuk makanan (*non-food grade*) tetap ada. Pupuk urea menurut EPA, memiliki dosis berbahaya (*toxicity dos*) yang cukup tinggi. Efek dari terkonsumsinya urea adalah muntah-muntah, iritasi, dan mual-mual. Akan tetapi, keberadaan urea di produk akhir adalah sangat *debatable*. Seharusnya, urea tidak terdapat dalam produk *nata de coco*, karena urea dimanfaatkan bakteri sebagai sumber nitrogen. Kalaupun bersisa, urea akan sangat mungkin terbuang dengan proses pencucian berulang. Tapi, di sini kita bicara tentang UKM yang standar produksinya tidak sebaik industri, sehingga kemungkinan *trace urea* dalam produk akhir tetap ada.

Impurity atau ketidakmurnian dari pupuk ZA atau urea biasanya mengandung bahan kimia berbahaya seperti biuret (alofanamida) yang bersifat karsinogenik. Biuret dapat ditemukan dalam bentuk karbamat, karbamida, ataupun karbamoyl yang merupakan komponen pestisida dari golongan kolinesterase. Bila terkontaminasi dalam jumlah cukup, biuret dapat menyebabkan keracunan. Menurut laporan, biuret dapat menginduksi kanker di dalam tubuh manusia dalam dosis yang cukup kecil. Sekali lagi, tulisan kali ini adalah membahas risiko. Prinsip risiko secara umum merupakan perkalian dari *likelihood* (kemungkinan terjadi) dan *severity* (kefatalan akibat). Tentunya diperlukan hasil lab yang mumpuni

terhadap kemungkinan keberadaan biuret dalam produk akhir *nata de coco*, sementara untuk tingkat kefatalan menurut beberapa situs, berada pada level tiga, sebagai *irritant*, atau senyawa penyebab iritasi.

Sebagai informasi tambahan, berdasarkan komunikasi terbatas di grup Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia, Kepala BPOM, Dr Roy Sparringa, pada tanggal 3 April 2015, mengatakan bahwa penggunaan pupuk dalam pembuatan *nata de coco* seharusnya tidak dapat ditolelir, mengingat pupuk ZA atau urea tersebut dapat saja terkontaminasi logam berat. Berdasarkan penelusuran pustaka, kontaminasi logam berat yang berasal dari pupuk dibuktikan dari beberapa penelitian, diantaranya Luo (tanpa tahun), Meerkotter (2012), dan Gimeno-Garcia (1996). Akan tetapi, berapa konsentrasi kontaminan logam berat dalam *nata de coco* yang terkena kasus hukum masih harus dibuktikan di laboratorium. Dari sebuah penelitian yang dilakukan pada tahun 2009, didapatkan kandungan Zn melebihi batas SNI *nata de coco*, sementara Pb diduga berasal dari kontaminasi silang alat atau fasilitas produksi.

Secara kasar, berdasarkan berita, pupuk ZA ditambahkan 300 g dalam setiap 100 liter air kelapa, artinya konsentrasi pupuk terhadap media adalah 0.3%. Hasil yang diharapkan secara umum berkisar 20 kg *nata de coco*. Dengan asumsi 100% pupuk dikonversi dan terikat di produk nata dan sesuai standar US 757:2007 bahwa pupuk ZA mengandung 50 ppm arsenik didapatkan kadar arsenik dalam *nata* maksimum 750 ppb. Disini peranan pencucian berulang dan fakta bahwa logam berat cenderung berada pada bagian terlarut dari media belum diperhitungkan. Logam-logam berat yang lain belum diperhitungkan.

Menurut aturan SNI 7387:2009, kadar maksimal cemaran logam berat dalam produk sejenis *nata de coco* adalah 0.5 mg/kg, atau berkisar 500 ppb untuk arsenik dan timbal. Berdasarkan hitungan sebelumnya, dengan asumsi 100% arsenik dari pupuk terikat di produk nata, maka pupuk ZA tidak layak untuk dijadikan sebagai sumber N dalam proses pembuatan *nata de coco*. Kembali, angka-angka ini harus diverifikasi pada *nata de coco*

hasil sampling, sehingga diperoleh besaran cemaran logam berat dan residu pestisida dari produk dimaksud.

Polemik kandungan logam berat pada *nata de coco* akibat penggunaan bahan penolong *fertilizer grade* menjadi kompleks. Dalam hal ini, perhitungan di atas kertas, belum tentu sama dengan hasil analisis laboratorium. Merujuk hasil analisis dari laboratorium terakreditasi terhadap beberapa produk *nata de coco* secara kasuistis, diperoleh bahwa kadar logam berat dalam *nata de coco* tersebut berada di bawah ambang batas SNI. Ini menunjukkan adanya proses-proses pengurangan logam berat dalam produksi *nata de coco*, misalnya dengan pencucian berulang. Akan tetapi, masih perlu kajian yang lebih dalam, karena tidak semua UKM melakukan analisis terhadap bahaya cemaran logam berat untuk produk *nata de coco* yang dimiliki. Dalam hal ini, secara statistik, belum dapat digeneralisir dampak dari penggunaan pupuk sebagai bahan penolong pembuatan *nata de coco*.

Ketiga, di tingkat UKM, yang perlu lebih diperhatikan adalah proses pembuatan *nata* yang kurang baik. Termasuk di dalamnya adalah pencampuran urea secara asal, semisal konsentrasi berlebihan, dan kurang higienis. Selain itu, proses fermentasi yang kurang higienis akan meningkatkan risiko pertumbuhan *cyanobacteria*, bakteri kontaminan umum, yang dapat menghasilkan *neurotoxin*.

Keempat, Pak Adhi Lukman, Ketua Gabungan Asosiasi Pengusaha Makanan dan Minuman Indonesia menyampaikan bahwa penggunaan air kelapa sebagai substrat *nata de coco* akan membawa permasalahan tersendiri. Produk yang dihasilkan cenderung berwarna opak kekuningan, sehingga banyak UKM menggunakan *bleach* atau zat pemutih agar produk terlihat lebih menarik. Penggunaan bahan pemutih ini menjadi masalah tersendiri terkait keamanan pangannya. *Nata de coco* yang berkualitas bisa didapat dari bahan baku santan dengan bahan penolong sumber N yang bersertifikasi *food grade*. Sedapat mungkin residu bahan kimia pada *nata de coco* adalah minim, apalagi kualitas yang diharapkan adalah ekspor.

Kalau kembali ke aturan BPOM secara ketat, argumentasi penggunaan pupuk dalam proses pembuatan *nata de coco* ini rasanya cukup jelas. Cara produksi pangan yang baik (CPPB) yang diajarkan di berbagai jurusan teknologi hasil pertanian atau teknologi pangan adalah sedapat mungkin menghindari penggunaan bahan bukan berkualifikasi makanan (*non food grade*). Pupuk jelas bukan bahan makanan manusia.

Langkah perbaikan

Berkaitan dengan kandungan logam berat pada pupuk yang jauh lebih tinggi dibandingkan standar FCC *grade*, diperlukan analisis risiko yang lebih dalam. Menurut Prof. Dedi Fardiaz (IPB, mantan ketua PATPI) dan Prof. Ratih Dewanti-Hariyadi (ahli keamanan pangan IPB), langkah selanjutnya adalah dilakukan *risk assessment* untuk menentukan *exposure* dari tiap-tiap logam berat dimaksud. Tujuan dari proses ini adalah menentukan apakah *nata de coco* ternyata mengandung logam berat melebihi ambang batas yang ditetapkan pemerintah melalui SNI produk nata. Lebih lanjut, Prof. Ratih Dewanti-Hariyadi mengusulkan adanya panduan proses pembuatan *nata* yang direkomendasikan, sehingga kejadian seperti ini tidak menimbulkan polemik yang membingungkan, termasuk bagi kalangan UKM.

Standar kualitas hidup terus berkembang, apa yang menjadi hal yang lumrah di masa lalu, boleh jadi baru diketahui berbahaya saat ini. Sebagai sebuah solusi adalah penyediaan substrat kaya nitrogen yang murah bagi UKM penghasil nata. Jika jeli, ini menjadi bisnis baru yang menggirukan. Mengembangkan khamir *Saccharomyces cerevisiae*, atau dikenal sebagai ragi roti, dalam jumlah banyak lalu dibuat menjadi ekstrak adalah salah satu bisnis yang mudah dilakukan dan memiliki potensi pasar yang tinggi. Otomatis akan tumbuh UKM industri hulu baru: industri *ingredient*.

Berkaitan dengan kasus *nata de coco* dari pupuk ZA ini, setelah melalui dialog yang panjang dan melibatkan banyak pihak dari Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia, maka dapat diambil kesimpulan: (1) agar

sedapat mungkin menghindari penggunaan bahan *non food grade*, salah satu sebabnya adalah kadar ketidakmurnian yang tinggi, misalnya pada kandungan logam berat yang jauh lebih tinggi di bahan-bahan *non food grade* tersebut; (2) pencucian berulang dalam proses produksi nata de coco adalah titik kritis keamanan pangan, dimana boleh jadi komponen-komponen berbahaya seperti logam berat dan residu pestisida akan *leeching* atau larut ke air pencuci; (3) direkomendasikan untuk mengukur kadar logam berat pada produk yang saat ini menghadapi kasus hukum, sebelum ditentukan status keamanan dari produk tersebut.

Lebih lanjut, sebagai saran kepada regulator dan akademisi, ada baiknya memang perlu mengganti pupuk urea/ZA dengan bahan lain yang mudah didapat masyarakat maupun ZA yang *food grade*. Tujuannya agar mudah membedakan, diperlukan substrat kaya akan N dari sumber lain. Kejadian saat ini lebih berimplikasi pada ekonomi rakyat, dimana regulator belum akan secara ketat langsung melarang tanpa adanya solusi. Tapi, disisi lain, regulator tidak mungkin juga membiarkan kalau risiko dari urea, biuret, dan kontaminan, yang ternyata cukup tinggi. Ekonomi masyarakat harus didorong, dengan cara yang semakin baik. Kasus *nata de coco* memang contoh yang sangat menarik, ya!

Referensi

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1269899/pdf/biochemj01080-0172.pdf>

<http://www.epa.gov/iris/toxreviews/1022tr.pdf>

<http://www.chemicaland21.com/indust.../inorganic/BIURET.htm>

<http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927459>

<http://mic.sgmjournals.org/content/11/1/123.full.pdf>

http://etd.uwc.ac.za/xmlui/bitstream/handle/11394/1721/Meerkotter_PHD_2012.pdf?sequence=1

http://www.niaes.affrc.go.jp/marco/marco2009/english/program/S-1_LuoYM.pdf

http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-1586-2_85

<https://law.resource.org/pub/ug/ibr/us.756.2007.pdf>

<https://law.resource.org/pub/ug/ibr/us.757.2007.pdf>

http://www.gacchemical.com/feed.php?num=&news_id=77&feed_id=



Enterobacter sakazakii

Anton Rahmadi

Dipublikasikan di Kaltim Post tahun 2008.

IPB mempublikasikan hasil riset yang dilakukan atas industri susu formula di Indonesia yang dilakukan pada tahun 2006. Tim riset menyebutkan 20% dari susu formula bayi terkontaminasi oleh *Enterobacter sakazakii*. Makanan bayi pun tidak luput dari kontaminasi bakteri ini, dengan memberikan angka 40% dari populasi sampel yang diteliti. Publikasi tim peneliti IPB ini mulai dirasakan efeknya setelah menjadi bintang pemberitaan beberapa hari terakhir di berbagai stasiun televisi di Indonesia. Pemberitaan ini semakin menambah kekhawatiran para ibu akan keselamatan bayi-bayi mereka, begitupun industri susu formula yang juga mulai merasakan dampak penurunan pembelian produk-produk mereka.

Komunitas industri umumnya mempertanyakan kredibilitas dan rentang waktu penelitian. Penelitian tahun 2006, menurut mereka kurang relevan dengan situasi industri sekarang dikarenakan sistem produksi yang juga berkembang.

Apa sebenarnya *Enterobacter sakazakii*?

Bakteri ini merupakan salah satu patogen yang pada tahun 1980 dipisahkan dari spesies *Enterobacter cloacae*, berdasarkan unsur genetik penyusunnya (Nazarowec-White dan Farber, 1997; Gurtler, 2005). Sebelumnya *E. sakazakii* dikenal dengan *yellow-pigmented cloacae* yang pertama kali dilaporkan oleh Pangalos (1929). *E. Sakazakii* dimasukkan dalam tren perkembangan patogen dunia sejak tahun 2005 dan banyak diulas oleh para peneliti dari seluruh dunia (Skovgaard, 2007). *E. sakazakii* menjadi perhatian karena tingkat mortalitas yang tinggi (40-80%) pada bayi yang baru lahir (0-6 bulan), terutama sekali bayi prematur atau yang memiliki imunitas lebih rendah dari rata-rata bayi-bayi lainnya (Iversen dan Forsythe, 2003).

Ekologi *E. sakazakii*

Sebagaimana genus *Enterobacter* lainnya, *E. sakazakii* merupakan bakteri yang berkoloni di dalam saluran pencernaan manusia dewasa (Iversen, Druggan, dan Forsythe, 2004). Spesies *Enterobacter* ini dapat ditemukan di produk pangan lain selain susu formula: keju, daging, sayuran, biji-bijian, kondimen dan bumbu-bumbuan (Iversen dan Forsythe, 2003; Kim et al, 2008; Fridemann, 2007).

E. sakazakii berkembang optimal pada kisaran suhu 30-40°C. Waktu regenerasi bakteri ini terjadi setiap 40 menit jika diinkubasi pada suhu 23°C, yang tentunya akan sedikit lebih cepat pada suhu optimum pertumbuhannya.

Menurut Havelaar dan Zweitering (2004), kontaminasi satu koloni *E. Sakazakii* memiliki peluang hidup maksimum sebesar 6.5% untuk dapat berkembang hingga mencapai jumlah yang signifikan (1 juta sel/g produk) dalam waktu maksimal 100 jam pada suhu 18-37°C. Artinya, apabila 1 sel hidup *E. sakazakii* mengkontaminasi produk susu formula pada proses produksi. Hanya dalam 5 hari, produk tersebut telah menjadi sangat berbahaya bagi bayi. Angka probabilitas ini agaknya ditunjang dengan fakta hasil riset di seluruh dunia, tidak hanya yang dipublikasikan tim riset IPB, yaitu pada kisaran 20% (Iversen dan Forsythe, 2003; Kim et al, 2008).

Selain bersifat invasif, *E. sakazakii* juga memproduksi toksin (*endotoxin*) yang juga berbahaya bagi mamalia yang baru lahir dan belum memiliki sistem kekebalan yang baik (Townsend et al, 2007).

Permasalahan pada produk susu formula

Keberadaan *E. sakazakii* ini di produk susu formula menjadi mencuat dan menjadi medium kontaminasi yang dominan karena produk ini pada umumnya dikenal sebagai produk yang aman untuk langsung dikonsumsi

bayi tanpa memerlukan pemrosesan lebih lanjut. Asumsi-asumsi inilah yang sebenarnya harus ditilik kembali (Kandhal et al, 2004).

Dalam hal proses produksi, bagaimana *Enterobacter sakazakii* dapat sampai pada produk susu formula yang disiapkan secara aseptik masih terus diteliti. Ada kecurigaan bahwa bakteri ini bersifat *airborne* (mengkontaminasi lewat udara) pada industri susu dan rumah tangga (Kandhal et al, 2004), sehingga diperlukan penanganan tambahan terhadap bakteri ini dalam mekanisme *Hazard Analysis Critical Control Point* (analisis titik penanganan kritis pada bahaya) di tingkat produksi susu formula.

Di tingkat pengguna rumahan, susu bayi pada umumnya disiapkan dengan proses yang minim pemanasan. Dalam hal ini, susu bayi biasanya hanya dicampur air hangat panas-panas kuku (suhu < 70°C), yang tidak cukup untuk mematikan bakteri ini.

Susu bubuk disimpan dalam kaleng, ataupun plastik multi-lapisan pada suhu ruangan (20-27°C) untuk konsumsi hanya 1-4 hari, diasumsikan relatif aman karena kadar airnya yang rendah. Kenyataannya, dalam waktu relatif singkat, bakteri ini mampu menduplikasikan dirinya seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Penyimpanan pada suhu dingin merupakan hal yang tidak umum pada produk susu bubuk, begitu pula penggunaan sanitizer yang tidak dimungkinkan. Padahal, pertumbuhan *E. sakazakii* dilaporkan dapat direduksi dengan penggunaan sanitizer pada produk buah-buahan, apalagi diikuti dengan penyimpanan pada suhu dingin (Kim, Ryu, dan Buechat, 2006).

Akibatnya, *Enterobakter sakazakii* dalam jumlah cukup untuk menyebabkan penyakit (1 juta sel/g produk) pun dikonsumsi oleh bayi kita.

Yang perlu diperhatikan oleh masyarakat

- Kontaminasi *Enterobacter sakazakii* berbahaya bagi bayi usia 0-6 bulan dan merupakan ancaman bagi bayi pada usia 6-12 bulan, terutama bayi lahir prematur atau bayi dengan daya tahan rendah.
- Tidak perlu cemas karena keberadaan *E. sakazakii* di dunia dan di Indonesia hanya berada pada kisaran rendah (20%) dari populasi produk susu formula, dapat ditemukan secara sporadis, tidak tergantung dari *brand* produk tersebut.
- *E. sakazaki* banyak pula ditemukan pada produk lainnya seperti keju, daging, hingga sayuran.

Saran yang dapat diikuti

Saat ini, *E. sakazakii* masih menjadi tema penelitian intensif di dunia. Penulis ingat dengan seorang kolega yang melakukan riset kontaminasi patogen ini pada produk susu asal Australia saat berada di University of New South Wales, Sydney. Proses produksi yang ada umumnya be-

lum mengadopsi keberadaan bakteri ini, sehingga dikemudian hari, inilah yang akan dikembangkan oleh para peneliti bekerjasama dengan industri susu formula. Adapun saran pencegahan yang saat ini dapat dilakukan, yaitu:

Bagi pengguna rumahan:

- Bila sebelumnya susu bayi cukup dicampur dengan air hangat, maka sekarang cobalah untuk merendam susu bubuk dengan air panas (85-100°C) selama 1-2 menit sebelum ditambahkan air dingin untuk mereduksi jumlah koloni hidup bakteri.
- Tidak menggunakan produk susu bubuk yang kemasannya telah terbuka cukup lama (lebih dari 8 hari) atau dibeli dalam kemasan yang sudah tidak baik atau bocor.

- Simpanlah susu bubuk yang telah dibuka kemasannya di dalam lemari pendingin (suhu $<5^{\circ}\text{C}$) untuk mencegah pertumbuhan mikroba, bukan hanya *E. sakazakii*.
- Cucilah bahan makanan yang biasa dimakan mentah dengan sanitiser, bukan hanya air mengalir, untuk mereduksi kontaminasi mikroba pada bahan pangan tersebut.
- Konsultasikan dengan dokter/tenaga medis terhadap penggunaan susu formula bagi bayi berusia 0-6 bulan, terutama sekali bayi lahir prematur atau yang memiliki daya tahan lemah.
- Waspada terhadap gejala demam dan diare yang merupakan indikasi infeksi, apapun mikroorganismenya, bukan hanya *E. sakazakii*.

Bagi industri:

- Melakukan evaluasi terhadap proses produksi susu formula bayi secara menyeluruh. Hal ini dimungkinkan dengan memasukkan *E. sakazakii* dalam sistem monitoring, terutama HACCP yang telah ada.

Apa yang terjadi di Indonesia, sebenarnya terjadi pula secara global. Ekspose kontaminasi *E. sakazakii* pada produk makanan bayi dan susu formula dilakukan oleh Tim Peneliti di IPB hanya merupakan bagian kecil dari riset serupa di seluruh dunia. Semua tentunya dengan asumsi: menciptakan dunia yang lebih baik untuk kita semua di masa yang akan datang. Semoga dengan perkembangan ilmu mikrobiologi, kita akan semakin mengerti dan mampu mencegah patogen-patogen berbahaya dikonsumsi oleh umat manusia. Viva ilmu mikrobiologi.

Proksimat, Fenolik, Antioksidan, dan Antibakteri Kulit Buah *Lepisanthes Alata*

Anton Rahmadi*, Yuliadini Puspita, Desy Nursayekti, Ira Sintia Sinaga, Rica Oktalina, Herry Setiawan, dan Wiwit Murdianto

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas
Mulawarman, Samarinda

Dipublikasikan di Jurnal Teknologi dan Industri Pangan tahun 2016

Pendahuluan

Bengalun merupakan tanaman khas tropis dari keluarga *Sapindaceae* yang tumbuh di sepanjang dataran rendah sungai dan hutan tropis hingga ketinggian 500 m (Lim, 2013). Bengalun dikenal sebagai buah rambai merah, *Ngalun*, atau *Keyem* di Kalimantan (Setyowati *dkk*, 2005), atau Belimbing Cina, Ceri Trengganu, dan Pohon Johor di Semenanjung Malaysia (Yeo *dkk*, 2013; Mirfat dan Umi, 2014). Buah bengalun termasuk langka ditemukan dan tidak diperdagangkan, sekalipun tanamannya masih dapat ditemukan di hutan-hutan di wilayah Kalimantan dan Semenanjung Malaysia (Chotimah *dkk*, 2013). Dikarenakan utilisasi yang rendah dan kelangkaannya, publikasi tentang bengalun masih sangat terbatas.

Buah dikonsumsi langsung dan daun muda bengalun dapat digunakan sebagai sayuran. Bengalun diketahui sebagai sumber vitamin C (16 mg/100 g) dan serat (9,5% *dietary fiber*) (Lim, 2013). Keuntungan buah bengalun adalah jumlah buah yang relatif banyak dengan jarak panen dua hingga tiga bulan. Kulit buah bengalun berwarna merah pekat dan cukup tebal. Rasa kulit buah adalah asam, sedikit manis, dan memiliki *after taste* sepat yang cukup kuat. Dilihat dari deskripsinya, kulit buah bengalun dapat menjadi kandidat alternatif teh herbal kaya pigmen merah (kelompok antosanin) khas dari Kalimantan (Gambar 1). Secara tradisional, kulit buah bengalun dapat dikonsumsi sebagai obat dalam bentuk ramuan menyerupai teh herbal.



Gambar 1. Ilustrasi buah bengalun (*Lepisanthes alata*)

Teh herbal merupakan sebutan bagi minuman yang menyerupai teh dari *C. sinensis*. Teh berkembang dengan munculnya produk-produk seperti teh rambut jagung (Harun *dkk*, 2011), teh bunga rosella (Mun'im *dkk*, 2008), teh bunga lotus (Kusumaningrum *dkk*, 2013) serta teh yang terbuat dari kulit buah seperti teh kulit manggis (Simanjun-tak, 2014) dan teh kulit buah naga (Purnomo, 2013).

Berdasarkan hasil skrining fitokimia, ekstrak etanol keluarga *Sapindaceae* yang lain yaitu kulit buah langsung, terdapat metabolit sekunder berupa fenol, triterpenoid, tanin, saponin, flavonoid dan alkaloid. Senyawa-senyawa tersebut memiliki aktivitas antibakteri dengan berbagai mekanisme kerja (Sepdahlia, 2013). Analisis proksimat awal daging buah bengalun telah dilakukan oleh Mirfat dan Umi (2014). Proksimat kandungan bagian-bagian lain dalam buah bengalun belum pernah dilaporkan dalam publikasi, sehingga profil proksimat dari biji, daging, dan kulit buah bengalun yang dikeringkan dengan metode oven dan matahari dilakukan di tahap awal penelitian ini.

Selanjutnya, untuk menghasilkan teh herbal, kulit buah bengalun perlu untuk dikeringkan. Pengeringan merupakan salah satu faktor penentu komposisi bahan, utamanya kandungan penyusun aktivitas antioksidan dari golongan fenol, tanin, dan antosianin. Tahap kedua penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu, waktu, serta kombinasi suhu dan waktu pengeringan terhadap kadar air, kandungan vitamin C, total fenol, dan antosianin. Karena standar yang tidak tersedia, kadar antosianin secara kualitatif didekati dengan pengukuran absorbansi warna merah ($\lambda=545$ nm).

Tahap ketiga adalah menguji potensi antioksidan dan antibakteri produk dilihat dari kombinasi suhu dan waktu pengeringan terbaik. Potensi antioksidan didekati dengan reduksi senyawa *1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl* (DPPH). Daya hambat ekstrak kulit buah bengalun dengan pelarut etanol 95%, n-heksana, dan akuades diujikan terhadap pertumbuhan bakteri Gram (+) yang diwakili *Staphylococcus aureus* dan bakteri Gram (-) yang diwakili *Escherichia coli*.

Proksimat bagian buah bengalun

Pembahasan proksimat kulit dan biji buah dari keluarga *Sapindaceae* masih sangat terbatas. Kulit buah Bengalun memiliki kadar air berkisar antara $15,43 \pm 0,34$ dan $17,16 \pm 0,10\%$, lemak $2,39 \pm 0,17\%$, protein antara $4,29 \pm 0,16$ dan $5,30 \pm 0,12\%$, kadar abu antara $0,10 \pm 0,01$ dan $0,39 \pm 0,06\%$, dan TPT adalah berkisar $2,03 \pm 0,05$ °Brix (Tabel 1). Diban-dingkan dengan biji dan daging buah, kandungan lemak, protein, dan kadar air kulit buah bengalun lebih tinggi. Hasil proksimat untuk daging buah bengalun tidak jauh berbeda dengan yang disampaikan oleh Mirfat dan Umi (2014).

Biji buah bengalun memiliki kadar air bekisar antara $7,26 \pm 0,18$ dan $8,19 \pm 0,12\%$, lemak $0,32 \pm 0,02\%$, protein antara $1,27 \pm 0,13$ dan $3,16 \pm 0,15\%$, kadar abu $0,39 \pm 0,06\%$, dan TPT adalah berkisar $1,1 \pm 0,15$ °Brix (Tabel 1). Kecuali kadar protein dan kadar air, tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisis proksimat dan TPT antara biji buah bengalun yang dikeringmataharikan dengan yang di oven pada suhu 60°C . Bila dibandingkan dengan keluarga *Sapindaceae* yang sama, biji buah leci memiliki kadar air $19,3 \pm 0,05\%$, lemak $0,6 \pm 0,06\%$, protein antara $3,98 \pm 0,06$ dan $5,4 \pm 0,26\%$, kadar abu antara $1,53 \pm 0,07$ dan $1,8 \pm 0,16\%$, serat antara $8,32 \pm 0,32$ dan $9,98 \pm 0,22\%$, serta total karbohidrat *by difference* antara 70,88 dan 72,9% (Luzia dan Jorge, 2011; Wisitsak *dkk*, 2012). Data pada Tabel 2 menginformasikan bahwa semakin tinggi suhu pengeringan, semakin rendah kadar air. Akan tetapi, kadar air cenderung sama untuk waktu pengeringan yang berbeda (Tabel 3). Ini disebabkan waktu pengeringan tercepat sudah cukup untuk mengurangi sebagian besar air yang terkandung di dalam kulit buah bengalun.

Vitamin C kulit buah bengalun

Vitamin C kulit buah bengalun relatif hampir sama pada kisaran $55,7 \pm 11,5$ hingga $85,6 \pm 2,5$ mg/100 g (Tabel 4). Kandungan vitamin C dipengaruhi

oleh proses dan metode pengeringan. Santos dan Silva (2008) menyatakan bahwa pengeringan akan menyebabkan perubahan konsentrasi vitamin C, dengan retensi terbaik diperoleh pada pengeringan dengan pembekuan (*freeze drying*). Proses pengeringan matahari yang banyak dilakukan akan memberikan efek penurunan vitamin C sebagai akibat paparan cahaya ultraviolet dan inframerah yang mengoksidasi sebagian vitamin C (Zhou *dkk*, 2016). Vitamin C termasuk komponen yang labil dan menjadi indikator degradasi antioksidan larut air. Vega-Gálvez *dkk* (2009) menyatakan bahwa penurunan kadar vitamin C adalah disebabkan degradasi oksidatif yang *irreversible*. Paparan suhu pengeringan dimulai dari 50°C akan mengurangi kadar vitamin C hingga 75 % pada buah *blueberry* (Lopez *dkk*, 2010). Kinetika penurunan kadar vitamin C pada kombinasi waktu dan suhu pengeringan mengikuti persamaan ordo pertama dengan faktor utama adalah suhu (Marfil *dkk*, 2008).

Pada pengukuran vitamin C kulit buah bengalun, didapatkan hasil bahwa pengeringan pada kombinasi suhu dan waktu dimaksud menghasilkan nilai vitamin C yang tidak berbeda nyata. Ini diduga karena heterogenitas usia panen sampel yang kurang merata. Kadar vitamin C dalam pengolahan pasca panen dapat dipengaruhi oleh heterogenitas sampel, kadar air, pengelupasan kulit, dan perendaman awal (Marfil *dkk*, 2008).

Antosianin dan polifenol kulit buah bengalun

Antosianin termasuk dalam komponen pembentuk warna merah dan termasuk dalam kelompok flavonoid. Komponen antosianin digunakan sebagai pewarna alami, dapat diambil dari buah-buahan maupun umbi-umbian, diantaranya kulit manggis, kulit rambutan (Basitah, 2015), dan kunyit (Chinedum *dkk*, 2015). Sebagai bagian dari kelompok tanin tidak terkondensasi, antosianin diharapkan dapat menjadi antioksidan alami yang berperan dalam pencegahan penyakit akibat radikal bebas. Dalam penelitian ini,

perubahan warna (pigmen antosianin) diamati pada ekstrak etanolik dari kulit buah bengalun dapat deteksi secara kualitatif pada panjang gelombang 545 nm (Gokilamani *dkk*, 2013).

Ekstrak etanolik bengalun memiliki absorbansi warna $0,081 \pm 0,013$ hingga $0,259 \pm 0,060$ (Tabel 4). Didapatkan bahwa antosianin secara relatif menjadi lebih pekat pada penggunaan oven 60°C dibandingkan dengan pengeringan oven suhu 40 dan 50°C (Tabel 2). Lama waktu pengeringan pada suhu 40°C secara konsisten meningkatkan absorbansi dari ekstrak etanolik kulit buah bengalun (Tabel 4), sekalipun fenomena ini tidak terulang pada suhu 50 dan 60°C .

Setiap buah memiliki preferensi metode pengeringan yang berbeda. Jambu yang dikeringbekukan (*freeze dried*) mengalami perubahan warna yang minimal, akan tetapi pepaya akan berubah menjadi lebih pucat dengan teknik yang sama (Hawlder, 2006). Perubahan kadar polifenol, termasuk di dalamnya pigmen warna, dalam pengolahan pasca panen dapat dipengaruhi oleh glikosilasi, asetilasi, dan metilasi pigmen (Provenzano *dkk*, 2014). Polifenol oksidase (PPO) memiliki peran terbatas dalam menurunkan kadar antosianin oleh sebab gugus glikosida yang dimilikinya (Madrau *dkk*, 2009). Degradasi komponen prosianidin dan antosianin dapat terjadi dikarenakan proses asidolisis (Devic *dkk*, 2010). Selain antosianin, flavonoid yang umum ditemukan pada buah-buahan kaya polifenol adalah kuersetin dan kaempferol dari kelompok flavonol, serta katekin dari kelompok flavanol. Kelompok senyawa polifenol pada kulit buah bengalun secara total diukur berdasarkan ekuivalensi asam galat. Kadar total polifenol pada bengalun adalah 713 ± 17 hingga $1,112 \pm 8$ GAE/Kg (Tabel 4).

Degradasi komponen polifenol kulit buah bengalun diduga disebabkan oleh suhu dan aktivitas enzim PPO. Pada buah aprikot, enzim PPO masih mampu bertahan pada suhu pengeringan hingga 60°C , sehingga polifenol seperti asam hidrosinamat dan katekin mengalami degradasi oksidatif (Madrau *dkk*, 2009). Pengaruh suhu pengeringan terhadap total fenol pada suhu 40 - 60°C adalah berbeda nyata pada suhu 40°C bila dibandingkan dengan total fenol

pada pengeringan kulit buah bengalun pada suhu 50 dan 60°C. Diduga, enzim PPO yang ada pada kulit buah bengalun kurang mampu bertahan pada suhu 50°C ke atas. Pengaruh waktu pengeringan terhadap total fenol pada waktu 10 jam adalah berbeda nyata bila dibandingkan dengan total fenol pada pengeringan kulit buah bengalun pada waktu pengeringan 8 dan 12 jam (Tabel 3). Variasi standar deviasi hasil pengukuran yang tinggi menyebabkan tidak terdapat perbedaan yang nyata untuk total fenol kulit buah bengalun pada waktu pengeringan 8 dan 12 jam.

Kecepatan degradasi polifenol, diukur dengan standar proisianidin, katekin, dan asam hidrosina-mat, ditentukan dari dua faktor yaitu suhu dan waktu. Dibanding dengan faktor waktu, suhu pengeringan merupakan faktor utama yang mempengaruhi degradasi polifenol kulit buah bengalun. Hasil ini serupa dengan pengeringan apel (Devic *dkk*, 2010).

Antioksidan kulit buah bengalun

Nilai IC_{50} aktivitas antioksidan terhadap DPPH dari kulit buah bengalun hasil pengeringan terbaik adalah $252,83 \pm 1,38$ (Tabel 5). Menurut Shekhar *dkk* (2014), IC_{50} merupakan konsentrasi larutan substrat atau sampel yang mampu mereduksi aktivitas DPPH sebesar 50%, dimana semakin kecil nilai IC_{50} berarti semakin tinggi aktivitas antioksidan. Ekstrak bunga rosela dengan pelarut etanol 95% memiliki nilai IC_{50} terhadap DPPH sebesar $1051,72 \pm 184,20$ ppm (Yang *dkk*, 2012). Penggunaan pelarut berbeda dapat meningkatkan IC_{50} , dimana ekstrak metanolik dari kulit buah manggis memiliki nilai IC_{50} terhadap DPPH sebesar 54,95 ppm (Dungir *dkk*, 2012). Diketahui bahwa hubungan antara total fenolik dengan kemampuan pengikatan DPPH adalah kuat ($r=0,0997$) terutama diidentifikasi berasal dari keberadaan kuersetin dan kaemferol (Genovese *dkk*, 2008).

Tabel 5. Perhitungan IC_{50} antioksidan metode DPPH ekstrak kulit buah bengalun dengan pelarut etanol.

Persamaan	r	IC_{50} (ppm)
$y = 0,1199x + 19,818$	0,993	251,73
$y = 0,1195x + 19,941$	0,993	251,54
$y = 0,1201x + 19,482$	0,991	254,11
$y = 0,1201x + 19,503$	0,992	253,93
IC_{50} (ppm) rata-rata		252,83±1,38

Kapasitas antibakteri kulit buah bengalun

Beberapa tanaman dari keluarga *Sapindaceae* memiliki aktivitas antibakteria dan antifungi, utama-nya dari akar, kulit batang, dan daun (De Lima *dkk*, 2006). Ekstrak n-heksana dari pucuk *Cardiospermum halicacabum*, dalam keluarga *Sapindaceae*, memiliki nilai penghambatan minimum (MIC) 500 $\mu\text{g/mL}$ terhadap *S. aureus* (Maregesia *dkk*, 2008). Ekstrak etanolik biji buah *Paullinia cupana*, juga dari keluarga *Sapindaceae*, memiliki MIC terhadap *E. coli* sebesar 32 $\mu\text{g/mL}$ (Basile *dkk*, 2005). Daya antimikroba yang lemah dapat diobservasi dari ekstrak etanol dan air kulit buah bengalun pada ketiga konsentrasi yang digunakan. Zona penghambatan pada konsentrasi ekstrak etanol tertinggi adalah $2,05 \pm 0,5$ mm (22,5% kontrol positif) terhadap *E. coli* dan $1,89 \pm 0,02$ mm (18,9% kontrol positif) terhadap *S. aureus*. Ekstrak n-heksana dari kulit buah bengalun tidak menunjukkan adanya aktivitas antimikroba pada konsentrasi yang diujikan (Tabel 6).

Kesimpulan

Perlakuan suhu dan lama pengeringan ber-pengaruh nyata terhadap beberapa parameter yang diujikan, meliputi kadar air, vitamin C, dan total fenol. Bubuk kulit buah bengalun memiliki kadar air berkisar 5,62 s.d. 7,68%, vitamin C $55,7 \pm 11,5$ s.d. $85,6 \pm 2,5$ mg/kg, total fenolik 713 ± 17 s.d. 1112 ± 8

mg GAE/kg, dan antosianin yang didekati dengan absorbansi warna merah $0,081 \pm 0,013$ s.d. $0,259 \pm 0,060$. Kulit buah bengalun yang terbaik dihasilkan dari perlakuan pengeringan suhu 60°C dengan lama pengeringan 8 jam dengan total fenol sebesar $1,112 \pm 8$ mg GAE/kg dan absorbansi warna merah sebesar $0,259 \pm 0,060$. Nilai aktivitas antioksidan (IC_{50}) terhadap DPPH rata-rata dari produk dengan perlakuan tersebut adalah $252,83 \pm 1,38$ ppm. Dari hasil eksplorasi terhadap aktivitas antibakteri, ekstrak kulit buah bengalun dengan menggunakan pelarut etanol dan air menghasilkan penghambatan yang rendah bila dibandingkan dengan kontrol. Ekstrak kulit buah bengalun dari perlakuan terbaik memiliki diameter hambatan yang berbeda pada *S.aureus* dan *E.coli* terhadap variasi pelarut yang digunakan. Diameter hambatan terhadap *E. coli* dan *S. aureus* yang paling besar dihasilkan oleh ekstrak etanol 95% dengan konsentrasi 1,5 mg dengan diameter hambatan sebesar $2,05 \pm 0,07$ dan $1,89 \pm 0,02$ mm atau 22,77 dan 18,84% dari masing-masing kontrol positif setiap bakteri uji. Ekstrak n-heksana dari kulit buah bengalun tidak mampu menunjukkan adanya aktivitas antimikroba pada konsentrasi yang diujikan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan penulis kepada Kemenristekdikti yang telah membiayai penelitian ini dalam skema hibah fundamental tahun 2015-2016 nomor kontrak 197/UN17.16/PG/2015. Data kapasitas antibakteri telah dipresentasikan dalam International Conference on Food, Agriculture, and Culinary Tourism, Agustus 2015 di Samarinda.

Daftar Pustaka

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1984. AOAC Official Methods of Analysis. di dalam: Sudarmadji S, B Haryono, dan Suhardi. 2007. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Hal: 1-172. Liberty Yogyakarta Bekerja Sama dengan Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

- Basile A, Ferrara L, Del Pezzo, M, Mele G, Sorbo S, Bassi P, Montesano D. 2005. Antibacterial and antioxidant activities of ethanol extract from *Paullinia cupana* Mart. *Journal of Ethnopharmacology J Ethnopharmacol* 102: 32–36. DOI: 10.1016/j.jep.2005.05.038.
- Basitah T. 2015. Extraction, Characterization and Application of Natural Dyes from the Fresh Rind of Index Colour 5 Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). *International Scholarly and Scientific Research & Innovation Int Scholarly Sci Res Innov* 9: 871-874.
- Chinedum E, Kate E, Sonia C, Ironkwe A, dan Andrew I. 2015. Polyphenolic Composition and Antioxidant Activities of 6 New Turmeric (*Curcuma Longa* L.) Accessions. *Recent Patents on Food, Nutrition, & Agriculture Recent Pat Food Nutr Agric* 7: 22-7. DOI: 10.2174/2212798407666150401104716.
- Chotimah HENC, Krensnatita S, Miranda Y. 2013. Ethnobotanical study and nutrient content of local vegetables consumed in Central Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas* 14: 106-111. DOI: 10.13057/biodiv/d140209.
- De Lima MRF, De Souza Luna J, Dos Santos AF, De Andrade MCC, ASant'Ana AEG, Genet J, Marquez B, Neuville L, Moreau N. 2006. Anti-bacterial activity of some Brazilian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology J Ethnopharmacol* 105: 137–147. DOI: 10.1016/j.jep.2005.10.026.
- Devic E, Guyot S, Daudin J, Bonazzi C. 2010. Kinetics of polyphenol losses during soaking and drying of cider apples. *Food and Bioprocess Technology Food Bioprocess Technol* 3: 867–877. DOI: 10.1007/s11947-010-0361-1.
- Dungir SG, Katja DG, Kamu VS. 2012. Aktivitas antioksidan ekstrak fenolik dari kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Mipa Unsrat Online J Mipa Unsrat Online* 1: 11-15.

- Genovese MI, Da Silva Pinto M, De Souza schmidt goncalves ae, dan lajolo fm. 2008. bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. *Food Science and Technology International Food Sci Tech Int* 14: 207–214. DOI: 10.1177/1082013208092151.
- Gokilamani N, Muthukumarasamy N, Thambidurai M, Ranjitha A, Velauthapillai D. 2013. Utilization of natural anthocyanin pigments as photosensitizers for dye-sensitized solar cells. *Journal of Sol-Gel Science and Technology J Sol-Gel Sci Technol* 66: 212–219. DOI 10.1007/s10971-013-2994-9.
- Harun N, Evi R, Meiyanni A. 2011. Karakteristik teh herbal rambut jagung (*Zea mays*) dengan perlakuan lama pelayuan dan lama pengeringan. *Jurnal Sagu* 10: 16-21.
- Hawllader MNA, Perera CO, Tian M, Yeo KL. 2006. Drying of guava and papaya: impact of different drying methods. *Drying Technology Dry Technol* 24: 77-87. DOI: 10.1080/07373930500538725.
- Kusumaningrum R, Agus S, Siti HRJ. 2013. Karakteristik dan mutu teh bunga lotus (*Nelumbo nucifera*). *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan J Teknol Hasil Perikanan* 2: 9-21.
- Lim TK. 2013. *Lepisanthes alata*: Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants 6 (Fruits): 39-41. Springer Science and Business Media, Netherlands. DOI: 10.1007/978-94-007-5628-1_7.
- Lopez J, Uribe E, Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, Gonzalez E, Di Scala K. 2010. Effect of air temperature on drying kinetics, vitamin c, antioxidant activity, total phenolic content, non-enzymatic browning and firmness of blueberries variety o'neil. *Food and Bioprocess Technology Food Bioprocess Technol* 3: 772–777. DOI: 10.1007/s11947-009-0306-8.

- Luzia DMM, Jorge N. 2011. Study of antioxidant activity of non-conventional Brazilian fruits. *Journal of Food Science and Technology J Food Sci Technol* 51: 1167–1172. DOI: 10.1007/s13197-011-0603-x.
- Madraou MA, Piscopo A, Sanguinetti AM, del Caro A, Poiana M, Romeo FV, Piga A. 2009. Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. *European Food Research and Technology Eur Food Res Technol* 228: 441–448. DOI: 10.1007/s00217-008-0951-6.
- Maregesia SM, Pieters L, Ngassapa OD, Apers S, Vingerhoets R, Cos P, Vanden Berghe DA, Vlietinck AJ. 2008. Screening of some tanzanian medicinal plants from bunda district for antibacterial, antifungal and antiviral activities. *Journal of Ethnopharmacology J Ethnopharmacol* 119: 58–66. DOI: 10.1016/j.jep.2008.05.033.
- Marfil PHM, Santos EM, Telis VRN. 2008. Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. *LWT-Food Science and Technology . LWT-Food Sci Technol* 41: 1642-1647. DOI: 10.1016/j.lwt.2007.11.003.
- Mirfat AHS, Umi KHZ. 2014. Proximate composition of Malaysian underutilised fruits. *Journal of tropical Agriculture and Food science J tropical Agric Food sci* 42: 63-71.
- Mun'im A, Hanani E, Mandasari A. 2008. Pembuatan teh herbal campuran kelopak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa*) dan herba seledri (*Apium graveolens*). *Majalah Ilmu Kefarmasian* 5: 47-54. DOI: 10.7454/psr.v5i1.3418.
- Purnomo. 2013. Pemanfaatan Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) sebagai Teh Berkhasiat. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Riau.

- Provenzano S, Spelt C, Hosokawa S, Nakamura N, Brugliera F, Demelis L, Geerke DP, Schubert A, Tanaka Y, Quattrocchio F, Koes R. 2014. Genetic Control and Evolution of Anthocyanin Methylation. *Plant Physiology Plant Physiol.* 165: 962-977.
- Rahmadi A, Abdiah I, Sukarno MD, Purna NT. 2013. Karakteristik fisio-kimia dan antibakteri virgin coconut oil hasil fermentasi bakteri asam laktat. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan J Teknol Industri Pangan* 24: 151-156. DOI: 10.6066/jtip.2013.24.2.178.
- Santos PHS, Silva MA. 2008. Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables—A Review. *Drying Technology Dry Technol* 26: 1421-1437. DOI: 10.1080/07373930802458911.
- Sepdahlia. 2013. Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol kulit buah langsung (*Lansium domesticum* Cor.) terhadap *Shigella flexneri*. *Jurnal Mahasiswa PSPD FK Universitas Tanjungpura* 3: 173. jurnal.untan.ac.id/index.php/jfk/article/view/3785 [22 April 2016].
- Setyowati FM, Riswan S, Susiarti S. 2005. Etnobotani masyarakat dayak ngaju di daerah timpah kalimantan tengah. *Jurnal Teknologi Lingkungan J Tek Ling P3L-BPPT* 6: 502-510.
- Shekhar, TC, Anju G. 2014. Antioxidant activity by DPPH radical scavenging method of *Ageratum conyzoides* Linn. leaves. *American Journal of Ethnomedicine Am J Ethnomed* 1: 244-249.
- Simanjuntak L, Chairina S, Fatimah. 2014. Ekstraksi pigmen antosianin dari kulit naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Teknik Kima* 3: 25-29.
- Vega-Gálvez A, Lemus-Mondaca R, Tello-Ireland C, Miranda M, Yagnam F. 2009. Kinetic study of convective drying of blueberry variety o'neil (*Vaccinium corymbosum*). *Chilean Journal of Agricultural Research Chil J Agr Res* 69: 171-178. DOI: 0.4067/S0718-58392009000200006.

- Wisitsak P, Nimkamnerd J, Thitipramote N, Saewan N, Chaiwut P, Pin-tathong P. 2012. Comparison of the Bioactive Compounds and Their Activities between Longan and Litchi Seeds Extracts. Proceeding. 1st Mae Fah Luang University International Conference, Thailand.
- Yang L, Gou Y, Zhao T, Zhao J, Li F, Zhang B, Wu X. 2012. Antioxidant capacity of extracts from calyx fruits of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). African Journal of Biotechnology Afr J Biotechnol 11: 4063-4068. DOI: 10.5897/AJB11.2227.
- Yeo SC, Awang Noor AG, Lee PC. 2013. The estimation of economic benefits of urban trees using contingent valuation method in Tasik Perdana, Kuala Lumpur. Pertanika Journal tropical Agricultural Science Pertanika J Trop Agric Sci 36: 99-114.
- Zhou L, Cao Z, Bi J, Yi J, Chen Q, Wu X, Zhou M. 2016. Degradation kinetics of total phenolic compounds, capsaicinoids and antioxidant activity in red pepper during hot air and infrared drying process. International Journal of Food Science technology Int J Food Sci Technol 51: 1365-2621. DOI: 10.1111/ijfs.13050.

Tabel 1. Hasil analisis proksimat dan TPT pada berbagai bagian buah bengalun dengan metode pengeringan oven dan matahari

Bagian Buah	Metode Pengeringan	TPT (°Brix)	Lemak (%)	Protein (%)	Air (%)	Abu (%)
Kulit	oven (60°C, 12 jam)	2,03±0,05	2,39±0,17	5,30±0,12*	15,43±0,34*	0,10±0,01
	matahari (±8 jam)	2,00±0,01	2,28±0,18	4,29±0,16	17,16±0,10	0,39±0,06
Biji	oven (60°C, 12 jam)	1,10±0,15	0,33±0,03	3,16±0,15*	7,26±0,18*	0,38±0,06
	matahari (±8 jam)	1,00±0,01	0,32±0,02	1,27±0,13	8,19±0,12	0,39±0,06
Daging	oven (60°C, 12 jam)	3,00±0,01	1,33±0,10	2,29±0,18	5,85±0,66	0,51±0,07
	matahari (±8 jam)	3,00±0,01	1,20±0,07	2,28±0,19	7,24±0,07	0,46±0,04

Keterangan: *Menandakan berbeda nyata dalam uji T perbandingan jamak

Tabel 2. Pengaruh suhu pengeringan terhadap kadar air, abu, vitamin C, fenol, dan absor-bansi warna pada kulit buah bengalun

Suhu Pengeringan	K. Air (%)	Vit. C (mg/100 g)	Fenol (mg GAE/Kg)	Abs. Warna ($\lambda=545$ nm)
Oven (40°C)	7,58±0,09 ^a	65,2±11,4 ^a	793±65 ^a	0,164±0,073 ^a
	6,91±0,37 ^{ab}	80,4±7,48 ^a	970±93 ^b	0,212±0,007 ^a
Oven (50°C)	6,00±0,63 ^b	79,5±2,6 ^a	1011±105 ^b	0,252±0,007 ^a
	6,83±0,78 ^{ab}	75±10,1 ^a	925±129 ^{ab}	0,209±0,053 ^a

Keterangan: Angka yang sama menandakan tidak ber-beda nyata pada taraf α 5%

Tabel 3. Pengaruh waktu pengeringan terhadap kadar air, abu, vitamin C, fenol, dan absor-bansi warna pada kulit buah bengalun

Waktu Pengeringan	K. Air (%)	Vit. C (mg/100 g)	Fenol (mg GAE/Kg)	Abs. Warna ($\lambda=545$ nm)
Oven (8 jam)	7,19± 0,41 ^a	68,1± 11,1 ^a	895± 181 ^a	0,183± 0,092 ^a
Oven (10 jam)	6,65± 1,03 ^a	75,7± 12,2 ^a	905± 61 ^b	0,216± 0,030 ^a
Oven (12 jam)	6,66± 0,96 ^a	81,2± 3 ^a	974± 124 ^a	0,228± 0,015 ^a
Rata-rata	6,83± 0,78 ^a	75± 10,1 ^a	925± 129 ^{ab}	0,209± 0,053 ^a

Keterangan: Angka yang sama menandakan tidak ber-beda nyata pada taraf α 5%

Tabel 4. Pengaruh interaksi suhu dan waktu penge-riangan terhadap kadar air, abu, vitamin C, fenol, dan absorbansi warna pada kulit buah bengalun

Perlakuan	K. Air (%)	Vit. C (mg/100 g)	Fenol (mg GAE/Kg)	Abs. Warna ($\lambda=545$ nm)
40°C, 8 jam	7,50± 0,33 ^c	55,7± 11,5 ^a	713± 17 ^a	0,081± 0,013 ^a
10 jam	7,68± 0,32 ^c	62± 7 ^a	850± 13 ^b	0,193± 0,115 ^a
12 jam	7,56± 0,30 ^c	77,9± 13,1 ^b	816± 18 ^{db}	0,219± 0,184 ^a
50°C, 8 jam	7,33± 0,10 ^c	71,8± 3,6 ^a	861± 17 ^c	0,210± 0,153 ^a
10 jam	6,64± 0,34 ^b	85,6± 2,5 ^b	980± 7 ^c	0,206 0,130 ^a
12 jam	6,76± 0,13 ^b	83,7± 20,8 ^b	1,068± 3 ^f	0,220± 0,067 ^a
60°C, 8 jam	6,73± 0,18 ^b	76,9± 3 ^b	1,112± 8 ^s	0,259± 0,060 ^a
10 jam	5,62± 0,36 ^a	79,4± 4,2 ^b	883± 10 ^c	0,250± 0,089 ^a
12 jam	5,65± 0,33 ^a	82,1± 8,7 ^b	1,039± 20 ^h	0,246± 0,098 ^a

Keterangan: Angka yang sama menandakan tidak ber-beda nyata pada taraf α 5%

Tabel 6. Kapasitas antibakteri ekstrak kulit buah bengalun dengan berbagai pelarut terhadap bakteri uji *S. aureus* dan *E. coli*

Pelarut	Bakteri uji	Diameter zona hambatan (mm)			
		0,5 mg	1,0 mg	1,5 mg	Tetrasiklin 0,5 mg
Etanol 95%	<i>E. coli</i>	1,26± 0,01	1,58± 0,07	2,05± 0,07	9,00± 0,00
	<i>S. aureus</i>	1,11± 0,13	1,08± 0,06	1,89± 0,02	10,03± 0,04
N-heksana	<i>E. coli</i>	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	9,03± 0,04
	<i>S. aureus</i>	0,00± 0,00	0,00± 0,00	0,00± 0,00	9,94± 0,08
Akuades	<i>E. coli</i>	0,88± 0,04	0,95± 0,07	0,99± 0,22	9,00± 0,01
	<i>S. aureus</i>	0,80± 0,07	0,81± 0,06	0,90± 0,01	10,01± 0,01



Kopi Luwak Mereduksi Marker Stress Oksidatif dan Pro-Inflamasi Pada Sel Makrofag Tikus

Anton Rahmadi^{*1}, Lezanne ooi², Gerald Münch³.

^{*}Alamat Korespondensi: arahmadi@unmul.ac.id, a.rahmadi@uws.edu.au.

¹Dept. of Agricultural Product Technology, University of Mulawarman, Indonesia.

²University of Wollongong, Australia

³University of Western Sydney, Australia

Dipublikasikan di Majalah FoodReview tahun 2012

Kopi luwak menjadi produk istimewa dari Indonesia. Kelangkaan kopi luwak menyebabkan harga jual yang mahal dipicu oleh klaim kopi terbaik dari sisi cita rasa maupun efek kesehatan.

Kopi luwak menjadi special dikarenakan proses seleksi awal dari buah kopi matang dilakukan oleh hewan yang bernama Luwak (Inggris: civet or weasel), dilanjutkan dengan proses pencernaan pulp buah dan sekresi biji kopi. Setelah dicuci dan dibilas, biji kopi luwak dikeringkan di bawah sinar matahari ataupun menggunakan alat pengering pada suhu 55°C untuk mencapai kadar air sekitar 14%. Proses akhir kopi luwak melibatkan penyangraian, penggilingan dan pengemasan.

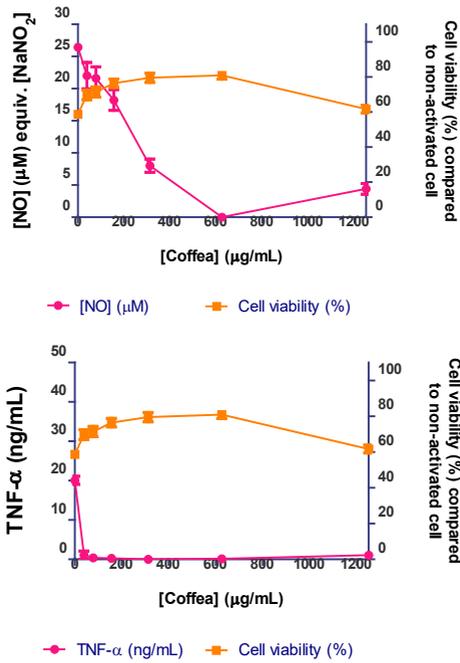
Dipicu oleh permintaan akan kopi luwak yang semakin tinggi, utamanya di pasar luar negeri, sekarang banyak terdapat perkebunan kopi yang khusus memproduksi kopi luwak. Dahulunya, luwak dibiarkan liar, namun untuk menjaga kelangsungan suplai, banyak perkebunan mulai menangkarkan luwak. Permintaan akan kopi luwak yang tidak seimbang dengan suplai juga menyebabkan banyaknya pemalsuan dan pencampuran kopi luwak dengan kopi biasa.

Setiap orang menyukai kopi. Konsumsi kopi bukan hanya untuk meningkatkan *mood* tetapi juga telah menjadi sebuah kultur tertentu di masyarakat dalam dan luar Negeri. Menariknya, kopi juga memiliki efek positif bagi kesehatan. Salah satu studi di Jerman berhasil membuktikan bahwa kopi mampu menyebabkan kenaikan translokasi Nrl2, satu molekul yang berperan dalam siklus pertahanan tubuh terhadap penyakit dan hal-hal yang kurang baik di dalam tubuh.

Riset kami memberikan hasil bahwa kopi luwak, terutama dari spesies kopi liberika, mampu menurunkan produksi oksida nitrit (NO), sebuah marker stress oksidatif di tingkat sel. Kopi luwak juga secara mengesankan mampu menurunkan produksi tumor nekrosis faktor alpha (TNF α), sebuah marker utama bagi inflamasi, yang juga merupakan salah satu target pengobatan dalam penyakit kanker.

Separuh kapasitas penghambatan produksi oksida nitrit (IC_{50} of NO) didapat pada konsentrasi 288 μ g/mL ekstrak kopi luwak. Pada konsentrasi yang sangat rendah, 11.9 μ g/mL ekstrak, produksi TNF α dapat dihambat setengahnya. Kopi luwak dalam jumlah yang sangat besar, 1402 μ g/mL ekstrak, ternyata mampu mematikan sel makrofag tikus. Satu gram kopi luwak dapat menghasilkan 220 miligram ekstrak dengan perangkat *accelerated solvent extraction*.

Ujicoba dilakukan pada sel makrofag tikus 264.7 yang telah diinduksi dengan lipopolysaccharides (LPS) dan interferon- γ (IFN γ). Densitas sel awal adalah 60,000 cells/100 μ L dengan waktu inkubasi 24 jam sebelum aktivasi dilakukan. Konsentrasi LPS yang digunakan adalah 10 μ g/mL ditambah dengan 10 U/mL IFN γ . Waktu inkubasi sebelum pengukuran hasil adalah 24 jam. NO diukur dengan metode Griess, sementara produksi TNF α diukur dengan metode ELISA. Eksperimen dilakukan secara independen sebanyak dua kali dengan masing-masing data diukur triplo. Perangkat dan barang habis pakai bebas dari endotoksin.



Gambar 1. Ekstrak kopi luwak dengan medium air dapat menurunkan produksi NO dan TNF α

Impor: Solusi ketahanan pangan nasional?

Anton Rahmadi

Dilihat dari definisi akan konsep ketahanan pangan, tidak menjadi masalah akan asal dari suatu bahan pangan. Empat pilar ketahanan pangan adalah (1) ketersediaan, (2) keterjangkauan dan daya beli, (3) nilai gizi dan kesehatan masyarakat, serta (4) stabilitas ketiganya. Yang memicu perdebatan selanjutnya adalah, status ketahanan pangan seakan-akan malah menjadi lebih baik dengan adanya impor, utamanya menjaga sisi ketersediaan dan keterjangkauan.

Berdasarkan data BPS Desember 2013, dilihat dari neraca impor, serealida dan ampas sisa industri makanan ternyata tidak signifikan terhadap keseluruhan impor non migas Indonesia periode Januari-Oktober 2013. Justifikasi defisit neraca perdagangan karena impor pangan boleh jadi lemah karena total kebutuhan sektor pangan dan pakan hanya 4,7% saja dari total impor. Implikasi lainnya, betulkah status kemandirian pangan melalui swasembada beras diperlukan saat ini, atau itu hanya ego sektor pertanian belaka?

Ada satu pernyataan yang sering dinisbatkan kepada Jusuf Kalla (JK) dan diamini semua Menteri Perdagangan era beliau dan setelahnya: mengurus pertanian itu repot, lebih baik impor. Akan tetapi, banyak yang lupa jika pernyataan JK tidak berhenti sampai disitu, melainkan ada lanjutannya: kita perlu fokus membangun industri karena lebih menghasilkan dan menyerap tenaga kerja per satuan meter persegi dibandingkan pertanian. Yang terjadi kemudian adalah lupa untuk membangun industrinya, sementara impor langsung dikerjakan. Akibat lainnya adalah konversi lahan pertanian untuk sektor lain yang seakan diresdusi oleh pernyataan para pemimpin bangsa ini. Lupa juga bahwa pemerintah ternyata memiliki undang-undang Perlindungan Lahan Pertanian Berkelanjutan no. 41/2009.

Untuk menjawab semua ini, kita perlu melihat konteks nilai ekonomi, stabilitas negara, dan *leading sector* produksi nasional secara lebih mendalam. Jika saja perhitungan dilakukan secara detail, seperti potensi yang hilang akibat kurang produksi dan kehilangan kesempatan ekspor dari sektor pertanian, boleh jadi pertanian akan menjadi faktor penyelamat defisit neraca perdagangan Indonesia. Sebagai contoh, beras, kakao, dan hasil-hasil tam-

bak merupakan produk pertanian dalam arti luas yang secara tradisional menopang kinerja ekspor dari sektor non migas. Kurangnya perhatian terhadap sarana produksi, irigasi, penyuluhan, kontrol produksi, dan penanganan panen raya menyebabkan banyak sentra produksi tidak mampu menghasilkan sesuai kuantitas yang optimum. Kuantifikasi hilangnya kesempatan (*the loss of opportunity*) dari sektor pangan ini memang harus dilakukan dalam studi komprehensif. Perhitungan biaya akan menimbang perlunya keseimbangan subsidi, impor, produksi, konsumsi, dan ekspor.

Konteks selanjutnya adalah stabilitas negara. Pameo tidak ada negara maju tanpa pertanian yang maju masih berlaku hingga saat ini. Untuk itu, ada baiknya kita kembali pada konsep ketahanan pangan (*food security*) yang memang sering kali dibahas dalam kerangka kemandirian atau swasembada pangan (*food self-sufficiency*) dan kedaulatan pangan (*food sovereignty*). Pangan adalah kebutuhan primer, sehingga sangat berisiko stabilitas sebuah negara yang tidak mampu mencukupi kebutuhan akan pangannya sendiri. Kemandirian pangan berarti juga memperkuat industri pendukung pertanian, industri pengolahan, serta jalur *supply chain* distribusi bahan baku dan hasil pertanian. Dari kenyataan ini, kemandirian dan kedaulatan pangan merupakan hal yang sangat penting terhadap pilar stabilitas ketahanan pangan dan ekonomi masyarakat.

Untuk menjaga stabilitas nasional, sembilan bahan pokok (sembako) harus sebanyak mungkin diproduksi secara nasional. Adalah benar, tidak semua bahan pangan mampu dihasilkan secara optimal oleh Indonesia. Dikarenakan alasan agroklimat, kedelai, gandum, dan jagung tetap harus diperoleh dengan cara impor.

Mengapa pada negara lain, siapa bilang negara pulau seperti Singapura tidak memikirkan kemandirian pangan? Untuk urusan pangan, dalam kurun lima tahun ke depan, Singapura mempersiapkan seperlima produksi hortikultura (sayur-mayur) sendiri. Persiapan tersebut telah dilakukan dalam skala lab di sebuah universitas (NIE/NTU) di Singapura. Konsep yang dikembangkan adalah padat, bertingkat (*small spaced but high density*), mengoptimalkan sa-

rana produksi pertanian (*high input*), dan manipulasi iklim (*climate control-led*), diiringi dengan pemanfaatan metode tanam aeroponik.

Dilihat dari kontribusi pada produksi nasional, pertanian masih merupakan *leading sector* penggerak ekonomi bangsa. Kontribusi pertanian dalam arti luas terhadap PDB berkisar antara 14,4-15,3% sejak 2008 hingga 2012, dengan laju pertumbuhan 3,0-4,8% (BPS, Desember 2013). Sayangnya, Indonesia seperti kehilangan identitas sebagai negara agraris. Bahkan, Indonesia saat ini seperti berada dalam keadaan galau: tidak menjaga pertanian, tetapi tidak juga bergerak ke bidang industri turunan hasil pertanian ataupun *hi-tech*. Padahal, pertanian memiliki keunggulan karena sifatnya yang terbarukan (*renewable*), tahan krisis, merupakan kebutuhan primer, dan menopang hidup sebagian besar angkatan kerja nasional.

Sedikit-sedikit, impor. Perilaku ini menyebabkan tatanan pembangunan kehilangan fokusnya. Impor bukan solusi bagi ketahanan pangan nasional, melainkan hanya sebagai plester sementara kebobrokan sistem produksi pertanian bangsa. Upaya meningkatkan status kemandirian dan kedaulatan pangan di Indonesia masih terbuka dengan cara (1) memperluas lahan pertanian per KK dengan jalan transformasi sebagian petani agar dapat berpindah ke sektor lain, (2) memproteksi dan memperluas lahan pertanian, (3) mengembangkan varietas baru, (4) menjaga suplai air, (5) menurunkan laju pertumbuhan penduduk, serta (6) memiliki komitmen pelaksanaan rencana jangka menengah pengembangan pertanian Indonesia sebagai *leading sector* ekonomi bangsa.

Mengambil *success story* di Thailand, lahan pertanian minimal 2 ha/KK, sementara di Indonesia rata-rata hanya 0,41-0,89 ha/KK dalam kurun waktu 2003-2013. Sebagian bahkan petani tidak memiliki ladang, sehingga harus turun kelas menjadi buruh tani. Petani beras harus diperkecil jumlahnya agar produksi bisa meningkat. Ibaratnya, kondisi petani saat ini *oversaturated*, utamanya di Pulau Jawa. Untuk mencapai *the magic number* 2 ha/KK, diperlukan relokasi petani hingga dua pertiga angkatan kerja pertanian yang berjumlah 26,13 juta orang (Sensus Pertanian 2013). Dominasi petani uta-

ma adalah pada usia mendekati akhir masa produktif, yaitu 32,8% dari total petani adalah berusia 54 tahun ke atas. Ini berarti, selain introduksi keterampilan lain dan relokasi petani di satu sisi, mencetak petani muda juga harus terus dilakukan di sisi lainnya. Tapi, siapa pemimpin politik yang berani berkomitmen di sektor padat karya ini?

Sekalipun rata-rata konversi lahan produktif ke sektor lain berlangsung dengan kecepatan 60,000 ha/tahun, kabar baiknya lahan pertanian Indonesia secara teoritis masih cukup untuk menopang produksi pertanian utama seperti beras. Luas lahan sawah saat ini adalah 7,5 juta ha, ditambah 9,7 juta ha berupa lahan kering. Lebih lanjut, sumber-sumber produksi perkebunan dan tambak juga ternyata masih cukup bila dikelola dengan baik dan benar. Tetapi, ini bukan berarti konversi lahan produktif masih diperkenankan. Moratorium konversi lahan harus tetap dilakukan, mengingat angka konversi yang tertinggi (200 ribu ha/tahun) terjadi di Pulau Jawa yang produktivitas padinya paling besar. Untuk itu, diperlukan upaya penegakan undang-undang no. 41/2009, perangkat turunan seperti PP 30/2012, dan Perda terkait di banyak propinsi.

Perluasan lahan sangat dibutuhkan untukantisipasi bencana alam, penambahan penduduk, dan penurunan produktifitas akibat degradasi kemampuan lahan. Untuk mengatasi konflik perluasan lahan, diperlukan upaya koordinatif pengelolaan lahan terbengkalai dari sektor lain seperti energi dan kehutanan.

Peningkatan produksi pangan dari bibit-bibit baru yang *indigenous* Indonesia seperti padi-padian. Kekayaan hayati yang dimiliki meliputi padi ladang, padi kawasan pasang surut air payau adalah unik dan khas daerah dengan produktifitas tak kalah, hanya saja miskin pemuliaan, perlakuan, dan penanganan.

Menjaga suplai air merupakan isu penting yang nyaris tidak mendapat perhatian di Indonesia. Masa depan bergantung pada pasokan air, baik untuk pertanian tanaman pangan, maupun pertanian energi. Menurut IEA

(2012), penggunaan energi bersih akan memiliki *tradeoff* kenaikan konsumsi air, dimana pengurangan emisi CO₂ sebanyak 90% akan meningkatkan konsumsi air kurang lebih 90% untuk pertanian energi. Kebutuhan akan air bagi pertanian harus dapat dicukupi dari beberapa jenis pasokan, diantaranya air hujan, air tanah, dan irigasi. Pembangunan bendungan dan irigasi sangat dibutuhkan pada peningkatan produksi pertanian sawah, tebu, dan jagung yang memerlukan suplai air yang baik dan konstan.

Sebagai salah satu negara dengan jumlah penduduk terbesar di dunia, Indonesia memiliki masalah dengan peningkatan populasi penduduk yang pesat. Penduduk Indonesia diproyeksikan sebanyak 273,2 juta jiwa di tahun 2025, berdasarkan proyeksi laju pertumbuhan penduduk 0,92% pertahun hasil kajian BPS-Bappenas-UNPF tahun 2005. Secara individual, rezeki memang sudah diatur oleh Yang Maha Kuasa. Tetapi usaha menjaga kemandirian dan kedaulatan pangan bangsa Indonesia juga memerlukan perhitungan yang matang dan kontribusi rakyat dalam menekan laju pertumbuhan penduduk.

Salah satu catatan dari kajian kebijakan yang pernah kami lakukan adalah tidak adanya rencana jangka panjang dan menengah yang mengikat. Lucunya lagi, rata-rata perencanaan ini dibuat dalam akhir satu siklus jabatan. Akibatnya, para pengganti tidak punya rasa memiliki dan keterikatan dengan rencana yang dibuat pendahulu mereka, apalagi jika haluan politik mereka berbeda. Untuk itu, proses perencanaan sebaiknya dilakukan di awal kepemimpinan atau bahkan ditawarkan sebagai bagian platform politik agar dapat dievaluasi pencapaiannya setiap periode.

Impor adalah jalan pintas, langkah pendek tanpa upaya besar menggerakkan roda perekonomian bangsa yang *leading sector*-nya masih di bidang pertanian. Paparan solusi pembangunan pertanian memang membutuhkan upaya lebih untuk memperkuat ketahanan pangan melalui upaya kemandirian dan kedaulatan pangan. Akankah jalan kemandirian dan kedaulatan pangan yang akan dipilih para pemimpin baru Indonesia atau kembali mengikuti jalan pintas yang mudah tapi semakin menjadikan pembangunan Indonesia tidak berkarakter?

Indonesia at Crossroads: Addressing Food Security

Anton Rahmadi

Dipublikasikan di Jakarta Post dan Asia Street Times, 2013

Indonesia faces silent but imminent crisis in food, as well as in energy, and water supplies. There are several incidences pointed out food scarcity in which reduction in energy subsidy is not playing a big role. For example: import reduction in feedstock has cause furore in red meat supply for the past three years. This was aggravated with an allegation of import mafia that closely linked to funding of a party in the preparation of the upcoming legislative and presidential elections. The newest incidence shows the skyrocketing food stock prices as people anticipating the festive month of Ramadan. This, despite it occurs annually, has forced the unprepared officials to issue more import permissions.

The core problems can be elaborated in five aspects, namely single staple food policy, unmet agricultural policies, productive land conversion, poor infrastructure, and pro-import quick fix solution. Pointing out the biggest mistake in agricultural sector is single staple food policy which was enacted since the new order era. For the past forty years, agriculture is simply determined by rice production; therefore the success of agriculture is rice self-sufficiency. The cultural diversity in staple food is neglected and slowly replaced by rice by means of education and massive propaganda. On the positive side, rice self-sufficiency was achieved in early 1980s.

In cascading subsets of agricultural policies since the new order era, there is little evidence for a successful farmer's empowerment model adopted by this nation. For example, transmigration program that move people from the packed island of Java to other less density islands could not overcome technical difficulties in farming outside Java. In contrary, the program caused rapid deforestation and land conflicts as some transmigrants found a shortcut to get rich by illegally cutting off trees and later returned to their home island after the government initial settlement stimulant period was over.

The current agricultural policies causes scarcity in agricultural inputs like fertilizers, irrigated water, and improved seeds. Inputs are heavily subsidised matter for small scale farming, but not large plantations. The dual price scenario is hard to implement. There is a morale issue in relation to stealing

and selling subsidised inputs for large plantations that caused gap between demand and supply. Irrigated water is in shortage as ducts and dams are not maintained. These result in suboptimal productivity of improved seeds which relies on high inputs. As for the improved seeds, the rate of innovation has decline sharply in current years in comparison to that in the new order era.

Productive land conversion happens in an alarming rate. The national statistics bureau (BPS) reported to lost 200,000 ha per year of highly productive wetlands in 2008-2010 only. The future of about 50% of the total 7.8 million ha of wetlands is in peril. Rate of new wetland development outside Java cannot meet the rate of land conversion, while the productivity of non-Java wetlands is also lower. Indonesia is dismally projected to lose the highly productive wetlands within 20 years if no significant land protection is in force.

Since energy subsidy chewed up almost 25% of the central government expenditure in 2013, budget allocation to develop infrastructure is less than satisfied. The limited budget is often becoming a scapegoat for deteriorated irrigations, very limited public transportation and road progresses, and underprivileged sea infrastructure development. As a result, high cost economy, especially in transporting inputs and goods, cannot be avoided.

The Indonesian government adopts import policy as a favourite way to meet national demand of agricultural goods. For example, in the current shortage of red meat, raw chilli, and onion, the central government is issuing import permissions in a hurry. The critic is not in meeting the shortage, but more to fewer actions in mid and long terms planning and execution to ensure that national supply can meet future demand. The pro import should not be the most sought quick fix solution, but should merely act as a band aid for some unforeseeable circumstances.

In addition to these five threatening aspects in food security, there are plenty more issues that can be highlighted. However, we need realignments to map the future planning in ensuring strong policies in food security. It is a credo

that a strong nation is reflected by strong agricultural supplies to its people. Solutions for the current condition in Indonesia can be segregated into five sectors: law for agricultural land protection, staple food diversification, strong supply chains establishment in agricultural inputs, energy subsidy reallocation to infrastructure development, and birth control policy.

High rate of land conversion is a major root problem in lowering national production of agricultural goods. This has to be stopped by signing a law for agricultural land protection. Land uses are not only considering economic value as a single most important criterion, but should be viewed as a strategic asset of Indonesia. This policy is lacking in the current government. In alignment with growing population, wetlands should be protected more by imposing strong legislation. If possible, it is needed to allocate land protection subsidy to cover potential economic losses as a result of land conversion to a higher land use value.

Under the fifth president, Megawati, staple food diversification was once announced by promoting corn as a featured agriculture. This effort was ceased soon after the new elected president was stepping up. As single staple food policy was enforced for a long period, the diversification effort should also be promoted in a longer time span. There is no continuation of good policies during power change in which resulting in impossible achievements of long term goals. For the current strategy, we need a staple food diversification policy which is immutable to change of political leaders. This act is a part of the philosophy for a greater good for the country.

There are more agricultural policies decided on table rather than on farm. Good supply chain in agricultural inputs requires more field understandings and knowledge by government officials. Reports should not to satisfy leaders but to reflect real conditions on farms. Dualism in input prices should be removed and replaced by better pro-poor policy. These will result in better supply chain in agricultural inputs.

In short and mid terms, government needs to allocate foreign direct investments in laying more train tracks instead of toll roads to support cheaper movements of people and goods. The advantage of train is faster and larger volume movements per acreage of lands therefore reducing energy and land footprints. For the current policy that tends to favour automobile companies, traffic jam is horrendous in almost all Indonesian cities which deteriorates air quality and burns too much subsidized energy. Public transportation should focus on two aspects: mass rapid movement as well as inputs and goods. The development of better public transportation in turn will reduce subsidy in energy or at least it will be used in a better efficiency.

Birth control is an important part of strategic measures to increase food security. By the current growing population rate, Indonesia will have 273 million people within 15 years and 358 million people in 2050, in which 70% people will stay in highly packed island of Java. The number is quite daunting in term of the country's capacity to provide food, energy, and water supplies. At the moment, birth control is voluntary that has no consequence if not abided by people. A one child policy like China government is almost impossible to be in force in Indonesia as Islamic leaders may fiercely refute the policy, affecting the political stability. A middle way should be sought to produce an effective birth control in Indonesia through continuous campaigns and educations while imposing some consequences, like no subsidy or having conditions for the third and subsequent children to be more expensive.

Indonesia will face scheduled elections, next year; therefore these recommendations are aimed to the new government for a more sustained Indonesia. A strong Indonesia is, once more, reflected in a strong effort to achieve better food security.



Pertanian Energi: Solusi Ekonomi Pasca Tambang

Anton Rahmadi, PhD dan Dr. Yazid Ismi Intara, M.Si,

Alamat korespondensi: arahmadi@unmul.ac.id dan izmi_6@yahoo.com

Energi merupakan kepentingan yang sangat strategis setiap negara di dunia. Besarnya ketersediaan energi perkapita memiliki kaitan yang erat dengan produktivitas dan kemakmuran suatu bangsa. Indonesia saat ini mengalami *silent energy crisis*, dimana cadangan energi fosil semakin menipis dan belum ada energi baru dan terbarukan (EBT) yang terlihat dominan menggantikan peran energi fosil.

Kajian IMF tahun 2011 menyebutkan bahwa pertumbuhan PDB suatu negara berbanding lurus dengan ketersediaan energi per kapita. Pada tahun 2050 penyediaan energi dalam wujud minyak bumi saja harus mencapai 3,469.7 juta setara barel minyak (SBM). Akan tetapi, permintaan akan energi yang sebagian besar dipenuhi dari energi fosil bukan tanpa permasalahan. Dampak-dampak lingkungan baik lokal maupun global semakin terlihat. Indeks polusi udara yang dipantau menurut pembuangan CO₂ ke alam pada tahun 2012 meningkat 1.4%, atau mencapai 31.6 gigaton. Kadar CO₂ di atmosfer beberapa kali melebihi angka 400 ppm, sebuah angka kritis terhadap kemampuan bumi dalam mempertahankan kapasitas ekologisnya.

Diperlukan berbagai *exit strategies* ketergantungan energi fosil. EBT harus diposisikan sebagai bagian dalam skema besar ekonomi pasca tambang, sehingga peran EBT dalam bauran energi diharapkan mencapai 25% pada tahun 2025 dan 40% pada tahun 2050. Model ekonomi pasca tambang yang menunjang pengembangan EBT salah satunya adalah pertanian energi.

Pertanian energi merupakan sebuah konsep penggabungan antara pertanian sebagai sebuah ekosistem pengelolaan sumber daya alam dengan titik berat pada pemenuhan kebutuhan energi. Energi yang didapatkan dari sektor pertanian tersebut dapat dibagi ke dalam beberapa jenis, utamanya *biofuel* dan biomassa. Turunan dari *biofuel* diantaranya adalah bioetanol, biodiesel, dan minyak nabati berenergi tinggi. Turunan dari biomassa yang secara teknologi dapat dijadikan sumber energi adalah gas dan biomassa cair.

Bahan bakar alternatif adalah produk pertanian energi, dimana pada tahun 2010 yang lalu seharusnya biopremium dan biodiesel sudah mulai

menggantikan premium dan solar konvensional. Tingkat substitusi yang dicanangkan pemerintah di tahun 2010 adalah 2.5% yang kemudian berangsur meningkat ke 5% di tahun 2015 dan 20% di tahun 2025. Kesiapan akan produksi BBM tersubstitusi bahan bakar nabati (BBN) ini tampaknya masih kurang, sehingga target 20% substitusi di tahun 2025 akan sangat diragukan dapat tercapai. Dari asumsi konservatif, pada tahun 2050, Indonesia akan menggunakan BBM dengan tingkat substitusi BBN rata-rata 15%. Untuk mencukupi permintaan domestik, kebutuhan lahan pertanian energi berkisar 17.24 juta ha untuk kelapa sawit, 15.91 juta ha untuk biomassa cair, atau 24.34 juta ha untuk minyak nabati berenergi tinggi (*hydrotreated vegetable oil*, HVO).

Lahan yang subur lebih efektif untuk pengembangan tanaman pangan maka konsep peningkatan produktivitas BBN dalam pertanian energi yang ditawarkan adalah pada lahan bekas tambang yang cenderung bersifat marjinal atau suboptimal. Lahan eks tambang dapat dialihkan menjadi sistem multifungsi pertanian energi dengan memanfaatkan subsistem kemasyarakatan setempat yang telah terbentuk akibat aktivitas tambang. Penggunaan tanaman-tanaman bioremediasi sebelum pertanian energi dilakukan di lahan eks tambang akan mengurangi dampak cemaran tambang seperti gas metan, logam berat, dan asam. Reklamasi merupakan isu krusial yang banyak diabaikan oleh pelaku tambang, mengingat harga yang harus dibayarkan tidak murah.

Selain reklamasi dan revegetasi lahan, prekursor pertanian energi yang penting adalah subsidi sebagai komponen kebijakan fiskal. Kegunaan utama dari subsidi ini adalah untuk mempromosikan energi baru sehingga dapat bersaing secara keekonomian dengan sumber energi konvensional. Pada gilirannya, EBT dapat menggantikan sebagian porsi batubara, minyak dan gas bumi. Subsidi EBT dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kategori: (1) subsidi faktor-faktor produksi dan penguasaan teknologi; (2) subsidi pengurangan emisi cemaran hidrokarbon; dan/atau (3) pengurangan pajak produsen, distributor dan pemanfaat EBT. Sebagai contoh, Amerika Serikat

menyediakan subsidi sebesar \$1 per galon biodiesel yang dihasilkan dari sistem agri-biodiesel kedelai mereka hingga tahun 2010. Pada tahun 2016, diproyeksikan subsidi biodiesel hanya mencapai \$0.6 per gallon.

Subsidi dapat ditujukan kepada pelaku pengurangan emisi cemaran hidrokarbon. Substitusi biodiesel B20 (20% biodiesel di dalam solar) akan menurunkan cemaran hidrokarbon (HC) sebanyak 21.1%, karbon monoksida (CO) sebanyak 11.0%, dan partikel bebas (PM) sebanyak 10.1%. Ini menunjukkan bahwa penggunaan biodiesel bersifat ramah lingkungan. Pemerintah akan mendapatkan keuntungan dengan turunkan jejak karbon nasional yang dapat dimanfaatkan untuk perdagangan karbon dunia.

Sistem pemotongan pajak ataupun insentif pajak bagi para pelaku pertanian energi dapat dibagi ke dalam tiga kelompok: (1) kelompok produsen agri-biodiesel dan (2) kelompok industri oleokimia dasar dan pengilangan bahan bakar nabati dan (3) penggunaan biodiesel. Belajar dari USDE pada tahun 2011 bahwa subsidi diperlukan agar industri biodiesel hulu dan hilir dapat memperkuat pijakan ekonomi baru pasca tambang. Subsidi terhadap produksi biodiesel dilakukan dengan sistem *tax credit* yang diberikan kepada industri pencampuran *biofuel* dan produsen biodiesel.

Sebuah ekonomi baru pasca tambang tentunya membutuhkan stimulus untuk dapat tumbuh dan berkembang menggantikan ekonomi minyak bumi. Tentunya, kebijakan-kebijakan yang diambil harusnya seimbang dengan kekuatan fiskal, stabilitas ekonomi serta kondisi geopolitik Indonesia. Kebijakan pendukung *biofuel* dapat dibagi menjadi empat sektor dukungan: (1) input, (2) proses produksi, (3) pemasaran, dan (4) konsumsi. Dukungan kebijakan pada sisi input produksi *biofuel* dapat terdiri dari pengalokasian pupuk, pembangunan sarana irigasi dan penyediaan sarana produksi pertanian energi lainnya. Selain itu perlu juga diatur kebijakan harga energi dan air yang digunakan sebagai input produksi pertanian energi dan *biofuel*. Kebijakan hak guna lahan perlu pula mendapatkan perhatian. Dari sisi proses produksi, kebijakan perlu diarahkan untuk mendukung harga produk domestik hasil pertanian energi seperti penetapan harga dasar

tandan buah segar, jagung, tebu, singkong, dan tanaman-tanaman lain yang berpotensi sebagai sumber energi alternatif. Dukungan ini diperlukan untuk menunjang terciptanya perdagangan yang menguntungkan bagi semua pihak serta menjaga pendapatan petani energi.

Kebijakan tahap selanjutnya perlu diarahkan untuk mendukung mekanisme pembelian produk *biofuel*, kewajiban pemakaian *biofuel* dalam negeri, kebijakan perdagangan, dan subsidi penguasaan teknologi termasuk di dalamnya peningkatan efisiensi konversi *biofuel*, efisiensi kendaraan, dan penggunaan energi bersih (*blue and green energy*). Kebijakan juga perlu diarahkan kepada keringanan atau insentif pajak bagi para pelaku produsen. Khusus bagi pengguna EBT, termasuk *bioethanol/biodiesel* blend (E/B *fuel*), perlu ada stimulan dalam bentuk kebijakan-kebijakan seputar subsidi pembelian *biofuel*, keringanan perpajakan misalnya pembelian kendaraan yang mendukung E/B *fuel*. Konsep pertanian energi harus memiliki sifat konservasi, untuk itu kebijakan mengenai pengalokasian air bagi pertanian energi perlu mendapat perhatian khusus. Kondisi ini mengingatkan bahwa konversi air menjadi *biofuel* akan menggunakan sumber daya air yang besar. Teknologi pengairan seharusnya telah mengadopsi teknologi-teknologi terkini dalam pengelolaan tanah sub optimal.

Investasi awal dalam teknologi terkini menjadi sangat penting untuk menanggulangi permasalahan tenaga kerja dan perawatan tanaman yang optimal. Untuk lahan bekas tambang seharusnya telah merancang sistem teknologi pengairan dengan mengalokasikan dana reklamasi untuk suatu pertanian energi yang potensial. Sebagai contoh, pengembangan teknologi pengairan sudah sangat maju di Negara-negara yang kering (tandus) seperti di Negara Israel. Saat ini Negara tersebut telah menjadi exportir hasil tanaman sayuran, buah-buahan dan bunga ke Negara-negara di Timur Tengah. Diperlukan modernisasi pertanian di daerah dan pembelajaran bagi masyarakat taninya. Teknologi menyebabkan kondisi alam tidak terus menjadi faktor pembatas bagi pembangunan pertanian karena teknologi akan dapat memecahkan permasalahan tersebut.

Dibandingkan dengan pertambangan energi mineral dan batubara, pertanian energi memiliki keuntungan komparatif terkait jejak kaki ekologis (*ecological footprints*). Diantara jejak kaki ekologis penting yang berkenaan dengan pertanian energi dari bidang lingkungan adalah biodiversitas, kebutuhan air. Dari bidang sosial, pertanian energi dimungkinkan akan memunculkan sengketa lahan, ketenaga kerjaan, dan berpengaruh pada ketahanan pangan. Dari bidang ekonomi dan politik, pertanian energi akan berdampak pada subsidi utama berkaitan dengan pembiayaan pertanian energi, biaya produksi, dan biaya adopsi teknologi.

Dari paparan tersebut, dapat disimpulkan bahwa pertanian energi adalah kandidat *exit strategy* yang bersifat *win-win solution* terhadap ekonomi pasca tambang Indonesia di masa depan. Pemerintah bentukan pemilu 2014 diharapkan dapat memiliki kebijakan yang kuat untuk dijadikan pijakan perkembangan pertanian energi sebagai bagian integral untuk meningkatkan ketahanan energi nasional.

Tentang Penulis



Anton Rahmadi, lahir 1 April 1980, adalah dosen di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia. Gelar PhD diperoleh pada tahun 2013 dari Fakultas Kedokteran, University of Western Sydney, Australia dengan penghargaan *Best Presenter in Session* pada PhD Annual Research Forum 2012. Sebelumnya, ia dianugerahi dengan M.Sc dari University of New South Wales, Australia di bidang Ilmu dan Teknologi Pangan pada tahun 2008 dengan High Distinction dalam Research Project. Sarjana Teknologi Pertanian diselesaikannya di Institut Pertanian Bogor, Indonesia dengan Cum Laude dan mendapat penghargaan sebagai Finalis Mahasiswa Teladan tahun 2001. Saat ini ia adalah Ketua Laboratorium Pasca Panen dan Pengemasan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Tugas tambahan hingga tahun 2019 adalah Sekretaris Eksekutif Program Pengembangan Kampus Universitas Mulawarman melalui Hibah IDB. Ia juga menjabat sebagai Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) cabang Kalimantan Timur. Pada akhir tahun 2017, h-index-nya 5 dan i10-indeks-nya 4. Minat penelitiannya saat ini adalah pangan fungsional, antioksidan, alat pengering, dan penanganan pascapanen dari produk olahan lokal.

