

**SUPLEMENTASI MIKROENKAPSULAT EKSTRAK KULIT BUAH MANGGIS (KBM)
MENURUNKAN KADAR MALONALDEHIDA HATI TIKUS
(SUPPLEMENTATION OF MICROENCAPSULATED MANGOSTEEN PERICARP (KBM) REDUCE
RAT LIVER MALONALDEHYDE LEVELS)**

Nesyia Nova Febriane¹, Puspo Edi Giriwono^{1,2}, Sutrisno Koswara^{1,2}, dan Endang Prangdimurti^{1,2}

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Kampus Dramaga Bogor, Indonesia

²SEAFast Center, Institut Pertanian Bogor, Kampus Dramaga Bogor, Indonesia

E-mail: nesyianovafebriane@gmail.com

Diterima: 13-03-2015

Direvisi: 22-05-2015

Disetujui: 05-06-2015

ABSTRACT

High consumption of fried food contributes to increased risk of degenerative. Potent antioxidants that may alleviate this problem are contained in pericarp of mangosteen (KBM). However, its bitter taste hinders use of this antioxidant. Microencapsulation process can mask bitter taste and control the release of bioactive compounds. This study aims to evaluate the effectiveness of microencapsulated mangosteen pericarp extract in suppressing malonaldehyde (MDA) in rat liver as a result of the consumption of oxidized palm oil. Antioxidants were extracted with methanol from KBM and microencapsulated using gelatin, carboxymethyl cellulose (CMC) and maltodextrin. Its antioxidative capacity is determined by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method. Extract is supplemented to feed of rats at doses of 100mg/kg bw (KBM 1), meanwhile microencapsulated KBM at doses 100 (KBM 2) and 200 mg/kg bw (KBM 3) in addition to oxidized palm oil, for 50 days. After termination, liver was excised and liver MDA concentration was assayed. The decrease of MDA levels on KBM 1, KBM 2, and KBM 3 respectively are 11.64 percent, 40.18 percent, and 53.43 percent. Supplementation of microencapsulated and non-encapsulated KBM extract do not affect body weights and feed consumption of rats. Microencapsulated KBM is effective to reduce MDA levels significantly than its raw extract, in which 200 mg/kg bw is the best concentration. Its process can reduce the bitter taste of KBM.

Keywords: antioxidant, mangosteen pericarp, oxidized oil, microencapsulation, liver MDA levels

ABSTRAK

Tingginya konsumsi pangan yang digoreng meningkatkan resiko penyakit degeneratif. Salah satu antioksidan yang berpotensi mengatasi masalah ini adalah yang terkandung pada kulit buah manggis (KBM). Tetapi rasa pahit dan getir yang terkandung dalam KBM menyebabkan penggunaannya menjadi terbatas. Oleh karena itu, digunakan proses mikroenkapsulasi yang dapat melindungi dan mengontrol pelepasan senyawa bioaktif yang terkandung dalam KBM. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas mikroenkapsulasi ekstrak KBM untuk menurunkan kadar malonaldehida (MDA) hati tikus percobaan yang mengonsumsi minyak sawit teroksidasi. Antioksidan diekstrak dari tepung KBM dengan metanol dan dimikroenkapsulasi menggunakan gelatin, karboksimetil selulosa (CMC), dan maltodekstrin. Kapasitas antioksidan diukur dengan metode 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Ekstrak dengan dosis 100 mg/kg bb (KBM 1) serta mikroenkapsulat KBM dengan dosis 100 (KBM 2) dan 200 mg/kg bb (KBM 3) disuplementasi pada pakan tikus dengan penambahan minyak sawit teroksidasi selama 50 hari perlakuan. Setelah diterminasi, hati tikus diambil lalu diukur konsentrasi malonaldehida (MDA) yang terkandung. Penurunan kadar MDA pada KBM 1, KBM 2, dan KBM 3 yaitu sebesar 11,64 persen, 40,18 persen, dan 53,43 persen. Suplementasi ekstrak KBM yang dimikroenkapsulasi maupun tanpa enkapsulasi tidak mempengaruhi berat dan konsumsi pakan tikus. Mikroenkapsulat KBM efektif untuk menurunkan kadar MDA hati tikus dibandingkan ekstrak tanpa enkapsulasi, dimana konsentrasi terbaik yaitu 200 mg/kg bb. Proses ekstraksi dan mikroenkapsulasi dapat mengurangi rasa pahit dan getir KBM. [*Penel Gizi Makan 2015, 38(1): 61-70*]

Kata kunci: antioksidan, kulit buah manggis, minyak sawit teroksidasi, mikroenkapsulasi, kadar MDA hati

PENDAHULUAN

Penyakit degeneratif atau yang sekarang lebih dikenal sebagai *non communicable diseases* (NCDs), seperti penyakit kardiovaskular, kanker, diabetes, hipertensi, dan gangguan pernapasan kronis, merupakan penyebab kematian terbesar di dunia. Lebih dari 36 juta orang di dunia meninggal setiap tahunnya akibat penyakit ini, dimana 14 juta diantaranya meninggal di usia kurang dari 70 tahun¹. Salah satu pola makan tidak sehat yang marak terjadi di Indonesia adalah kebiasaan makan makanan jajanan yang digoreng menggunakan minyak sawit sebagai medium pemanas. Minyak goreng teroksidasi akan menyebabkan peningkatan stres oksidatif dalam tubuh sehingga masyarakat Indonesia beresiko tinggi mengalami penyakit degeneratif.

Indonesia memiliki komoditas pangan yang dapat berperan sebagai sumber antioksidan, yaitu bahan yang terkandung dalam kulit buah manggis (KBM). *Garcinia mangostana* L. (*Clusiaceae*), yang dikenal sebagai manggis, merupakan buah tropis yang banyak tumbuh di Indonesia. Beberapa penelitian *in vitro* menunjukkan bahwa ekstrak KBM memiliki aktivitas antioksidan yang mampu meredam radikal bebas²⁻⁸. Sifat antioksidan tersebut erat kaitannya dengan adanya kandungan senyawa polifenol seperti flavonoid, tanin, triterpenoid, *benzophenone*, antosianin, katekin dan xanton^{9,10}. Selain aktivitas antioksidan, kandungan polifenol juga dilaporkan memiliki aktivitas antimikroba⁶, antiproliferasi¹¹, antiinflamasi¹², antikanker^{13,14}, antitumor¹⁵, antimalaria¹⁶, antiacne¹⁷, antituberkulosis¹⁸, sitoprotektif^{4,5}, dan neuroprotektif⁷. Namun senyawa antioksidan dalam KBM memiliki nilai sensori yang pahit, sepat dan getir sehingga tidak memungkinkan untuk dikonsumsi langsung. Tanin adalah salah satu senyawa penyebab rasa pahit dan getir pada KBM, yaitu sekitar 14,1 persen¹⁹. Salah satu proses alternatif yang dapat diaplikasikan adalah mikroenkapsulasi.

Mikroenkapsulasi adalah suatu proses penyalutan suatu senyawa baik berbentuk padat, cair, maupun gas dengan suatu bahan penyalut berukuran sangat kecil²⁰. Prinsip mikroenkapsulasi adalah penggunaan dua bahan yang terlibat di dalamnya, yaitu inti dan penyalut. Polimer penyalut yang biasanya digunakan dalam proses mikroenkapsulasi berfungsi sebagai dinding pembungkus bahan inti yang melindungi selama proses pengeringan, memperbesar volume dan meningkatkan jumlah total padatan²¹. Proses ini juga akan menghasilkan ekstrak KBM dalam

bentuk serbuk yang lebih mudah ditangani, mudah diaplikasikan sebagai *ingredient* tambahan pada berbagai macam produk pangan ataupun sebagai suplemen, mudah disimpan, serta memiliki umur simpan yang lebih panjang.

Tikus *Sprague Dawley* (SD) merupakan mamalia yang mampu membedakan lima macam rasa (manis, asin, asam, pahit, dan umami)²². Salah satu cara pertahanan hidup tikus adalah kemampuannya yang sensitif terhadap rasa asam dan pahit yang berasosiasi dengan senyawa toksik dan beracun²². Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas proses mikroenkapsulasi terhadap aktivitas antioksidan ekstrak KBM yang diharapkan mampu menghambat kerusakan pada sel hati tikus akibat stres oksidatif serta mengevaluasi efeknya terhadap penerimaan sensori tikus.

METODE

Persiapan Sampel dan Ekstraksi Tepung KBM

Tepung kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) diperoleh secara komersial dengan ukuran 75 mesh. Ekstraksi tepung KBM dilakukan secara maserasi²³ menggunakan pelarut (air : metanol= 20 : 80) pada suhu ruang selama 24 jam dengan perbandingan tepung dan pelarut sebesar 1:4 dengan beberapa kali pengadukan. Setelah itu, campuran disaring, dikeringkan menggunakan *vacuum evaporator* pada suhu 40°C untuk menguapkan metanol, dan dihembuskan dengan gas nitrogen untuk menghilangkan sisa metanol. Ekstrak yang bebas metanol lalu dibekukan, dan dikeringkan dengan lyofilisasi.

Pembuatan Mikroenkapsulat Ekstrak Tepung KBM

Pembuatan mikroenkapsulat ekstrak tepung KBM menggunakan maltodekstrin (7,7%), gelatin (2,9%), CMC (0,9%), dan air (78%) dengan pemanasan (60°C) dan pendinginan (45°C) untuk homogenisasi²⁴. Setelah medium penyalut tersebut homogen, ditambahkan ekstrak KBM (10,6%) kemudian dilakukan homogenisasi ulang dan pengeringan menggunakan *drum dryer*. Tahap terakhir adalah pengecilan ukuran mikroenkapsulat kering menggunakan blender kering.

Pembuatan dan Analisis Minyak Sawit Teroksidasi

Minyak sawit teroksidasi dibuat dengan pemanasan pada suhu 180°C selama 72 jam²⁵. Tingkat oksidasi minyak diukur dengan analisis

bilangan asam dan bilangan peroksida. Pemanasan tersebut menghasilkan minyak teroksidasi dengan bilangan asam sebesar 1,1152 mg NaOH/g minyak dan bilangan peroksida sebesar 31,2567 meq peroksida/g minyak, yaitu sekitar 5-10 kali lebih tinggi dari tingkat oksidasi minyak baik.

Penetapan Kapasitas Antioksidan dengan Metode DPPH

Uji kapasitas antioksidan dilakukan dengan melarutkan 0,5 g sampel kering dalam 50 mL metanol. Lalu dibuat seri pengenceran yaitu 10, 15, 20, dan 25 kali. Sebanyak 2 mL *buffer* asetat (pH 5,5), 3,75 mL metanol, dan 200 µL DPPH 1 mM dicampurkan dan ditambahkan 50 µL larutan sampel⁸. Campuran diinkubasi selama 20 menit pada suhu ruang lalu diukur absorbansi larutan pada 517 nm. Kapasitas antioksidan dibandingkan dengan standar asam askorbat. Kapasitas antioksidan diperoleh sebagai nilai *half maximal inhibitory concentration* (IC₅₀) yaitu konsentrasi antioksidan yang mampu mereduksi 50 persen radikal bebas.

Penetapan Kadar Total Fenol dengan Metode Folin

Kadar Total Fenol diukur dengan cara sebanyak 100 mg sampel kering ditambah 5 mL etanol 95% lalu divorteks selama 3 menit. Campuran disentrifus pada 4000 rpm selama 5 menit. Sebanyak 0,5 mL supernatan diambil dan ditambahkan 0,5 mL etanol 95%, 2,5 mL akuades, dan 2,5 mL reagen *folin ciocalteau* 50%²⁶. Campuran didiamkan selama 5 menit lalu ditambahkan 0,5 mL Na₂CO₃ 5% dan divorteks. Selanjutnya campuran disimpan di ruang gelap selama satu jam dan diukur

absorbansinya pada 725 nm. Kadar total fenol sampel diperoleh dengan membandingkannya menggunakan asam galat sebagai standar pengukuran sehingga diperoleh dalam satuan *mg galat acid equivalent* (GAE)/g.

Uji Kemampuan Antioksidatif Mikroenkapsulat dalam Melindungi Oksidasi Lipid pada Hati Tikus Putih

Analisis pengaruh mikroenkapsulat secara *in vivo* menggunakan 25 ekor tikus putih jantan berusia 8 minggu galur *Sprague Dawley* (SD) diperoleh dari Balai Besar Penelitian Veteriner, Bogor. Pemeliharaan dan intervensi hewan telah sesuai dengan protokol pemeliharaan dan penggunaan hewan percobaan Institut Pertanian Bogor. Tikus diberi pakan dan air minum standar selama satu minggu untuk adaptasi. Tikus dibagi secara acak menjadi lima kelompok perlakuan: kontrol negatif (K-) dipapar dengan minyak sawit tanpa perlakuan oksidasi, kelompok kontrol positif (K+) diberi minyak sawit yang teroksidasi, kelompok KBM 1 dipapar dengan minyak sawit teroksidasi dan suplementasi ekstrak KBM sebesar 100 mg/kg bb, kelompok KBM 2 dipapar dengan minyak sawit teroksidasi dan mikroenkapsulat KBM sebesar 100 mg/kg bb, serta kelompok KBM 3 dipapar dengan minyak sawit teroksidasi dan diberi mikroenkapsulat KBM sebesar 200 mg/kg bb. Perlakuan pemberian ransum selama 50 hari.

Formula pakan tikus dapat dilihat pada Tabel 1. Setelah masa pemberian pakan, tikus diterminasi secara eksanguinasi, dalam keadaan terbius dengan dietil eter, lalu organ hati diambil dan dilakukan analisis kadar malonaldehida.

Tabel 1
Formula Pakan Tikus

Komposisi (%)	Perlakuan					
	Standar ²⁷	K (-)	K (+)	KBM 1	KBM 2	KBM 3
Protein (kasein)	10	10	10	10	10	10
Lemak						
Minyak kedelai	8	6	6	6	6	6
Minyak Sawit	-	2	-	-	-	-
Minyak Sawit-teroksidasi	-	-	2	2	2	2
Mineral mix	5	5	5	5	5	5
Vitamin mix	1	1	1	1	1	1
Serat (CMC)	1	1	1	1	1	1
Air	5	5	5	5	5	5
Karbohidrat (maizena)	70	70	70	69,9	69,9	69,8
Ekstrak KBM	-	-	-	0,1	-	-
Mikroenkapsulat KBM	-	-	-	-	0,1	0,2

Keterangan: Standar : Pakan selama proses adaptasi
 K (-) : Kontrol negatif dengan pemberian minyak sawit tanpa oksidasi
 K (+) : Kontrol positif dengan pemberian minyak sawit teroksidasi
 KBM 1 : Minyak sawit teroksidasi + 100 mg/kg BB ekstrak KBM
 KBM 2 : Minyak sawit teroksidasi + 100 mg/kg BB mikroenkapsulat KBM
 KBM 3 : Minyak sawit teroksidasi + 200 mg/kg BB mikroenkapsulat KBM

Analisis Kadar Malonaldehida

Sebanyak 1,25 g sampel hati dihancurkan dalam kondisi dingin dalam 5 mL larutan *Phosphate Buffer Saline* (PBS) yang mengandung 0,15 M KCl²⁵. Homogenat kemudian disentrifus 3500 rpm selama 20 menit suhu 4°C. 1 mL supernatan dicampur dengan 4 mL larutan HCl 0,25 N dingin yang mengandung 15% *trichloroacetic acid* (TCA), 0,38% *thiobarbituric acid* (TBA), dan 0,5% *butylated hydroxytoluene* (BHT). Larutan dipanaskan 80°C selama 1 jam, didinginkan dan disentrifus 3500 rpm selama 15 menit. Absorbansi pada panjang gelombang 532 nm dan dibandingkan dengan kurva standar *tetraethoxypropane* (TEP).

Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan program SPSS Seri 17.1 pada $p=0,05$. Uji *t-test* dilakukan untuk melihat perbandingan antara kedua kontrol. Untuk melihat perbedaan antara perlakuan dan kontrol dilakukan analisis keragaman (*Analysis of Variance*) dengan uji lanjut *Dunnett*. Sedangkan perbandingan signifikansi antar perlakuan dilihat dengan uji lanjut *Duncan*.

HASIL

Aktivitas Antioksidan dan Kadar Total Fenol KBM

Pengukuran aktivitas antioksidan dan kadar total fenol dilakukan pada ketiga produk KBM yaitu tepung, ekstrak, dan mikroenkapsulat. Nilai *half maximal inhibitory concentration* (IC₅₀) dan kadar total fenol dari ekstrak sebesar 0,0085 g/mL dan 0,0471 g *gallic acid equivalent* (GAE)/g, mikroenkapsulat berturut-turut sebesar 0,0125 g/mL dan 0,0239 g GAE/g, sedangkan tepung berturut-turut sebesar 0,0145 g/mL dan 0,0287 g/g. Pada penelitian sebelumnya, ekstrak KBM dengan metanol memiliki IC₅₀ sebesar 44,5-55 mg/L²³. Sedangkan kadar total fenol ekstrak metanol KBM sebesar 0,3157 g GAE/g²⁹. Jika dibandingkan dengan penelitian lainnya²⁹, ekstrak pada penelitian ini memiliki nilai IC₅₀ yang lebih tinggi walaupun kadar fenolnya relatif lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa ekstraksi dengan metanol pada penelitian ini efektif melarutkan senyawa non fenolik yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi.

Pengaruh Suplementasi Ekstrak dan Mikroenkapsulat KBM terhadap Berat Badan dan Konsumsi Pakan Tikus

Perubahan berat badan dan konsumsi pakan tikus selama 50 hari perlakuan dapat dilihat pada Gambar 2a dan 2b. Rerata berat badan dan jumlah konsumsi pakan tikus (Tabel 2) tidak memperlihatkan efek yang signifikan

($p>0,05$) pada seluruh perlakuan. Rasa pahit dan getir juga tidak terlihat mempengaruhi jumlah konsumsi pakan tikus selama 50 hari.

Rasa pahit yang berasal dari KBM disebabkan oleh keberadaan kandungan tanin³⁰ yang berkisar 14,1 persen¹⁹. Rasa pahit terjadi karena adanya interaksi antara gugus fenolik pada tanin dengan protein pada indera perasa³⁰. Pada saat proses ekstraksi dengan air dan metanol, tanin dan protein polar dalam KBM larut bersama dalam ekstrak. Saat penghilangan metanol dengan panas, terjadi peningkatan reaksi antara tanin dan protein menyebabkan pembentukan kompleks tanin-protein yang mengendap membentuk pasta lengket³¹ yang tidak dilanjutkan ke proses enkapsulasi sehingga ekstrak dan mikroenkapsulat tidak lagi memiliki rasa pahit dan getir.

Pengaruh Ekstrak dan Mikroenkapsulat KBM terhadap Berat Organ dan Kadar Malonaldehida Hati Tikus

Tikus diterminasi pada hari ke-50, diambil organ hati lalu ditimbang dan dianalisis kadar malonaldehida. Berat organ hati tikus (Tabel 2) antar perlakuan tidak memperlihatkan adanya perbedaan yang nyata ($p>0,05$). Begitu pula dengan berat hati tikus antara K- dan K+ yang juga tidak memperlihatkan perbedaan yang signifikan ($p>0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa stres oksidatif yang diberikan belum menyebabkan disfungsi hati secara fisik. Peningkatan stres oksidatif diindikasikan dengan konsentrasi malonaldehida (MDA), juga dapat digunakan sebagai indikator adanya kerusakan sel atau jaringan akibat peningkatan aktivitas peroksidasi lipid⁸. MDA adalah salah satu hasil dari peroksidasi lemak tidak jenuh terutama asam arakidonat serta sebagai produk samping biosintesa prostaglandin. Selain itu MDA juga dapat terbentuk akibat reaksi antara radikal bebas dengan komponen utama membran sel seperti asam tidak jenuh rantai panjang (PUFA), heksosa, pentosa, asam amino dan komponen DNA³².

Gambar 3 memperlihatkan bahwa kadar MDA tertinggi terdapat pada hati tikus dengan perlakuan kontrol positif (K+). Minyak sawit teroksidasi yang terkandung dalam pakan K+ merupakan sumber radikal bebas yang dapat bereaksi dengan PUFA pada membran sel sehingga terjadi proses peroksidasi lipid yang menghasilkan radikal peroksida lipid, hidroperoksida, dan produk aldehida seperti MDA. Perlakuan pemberian antioksidan pada ketiga perlakuan memperlihatkan perbedaan yang nyata perbedaan yang nyata dengan K+ ($p<0,05$). Penambahan ekstrak dan

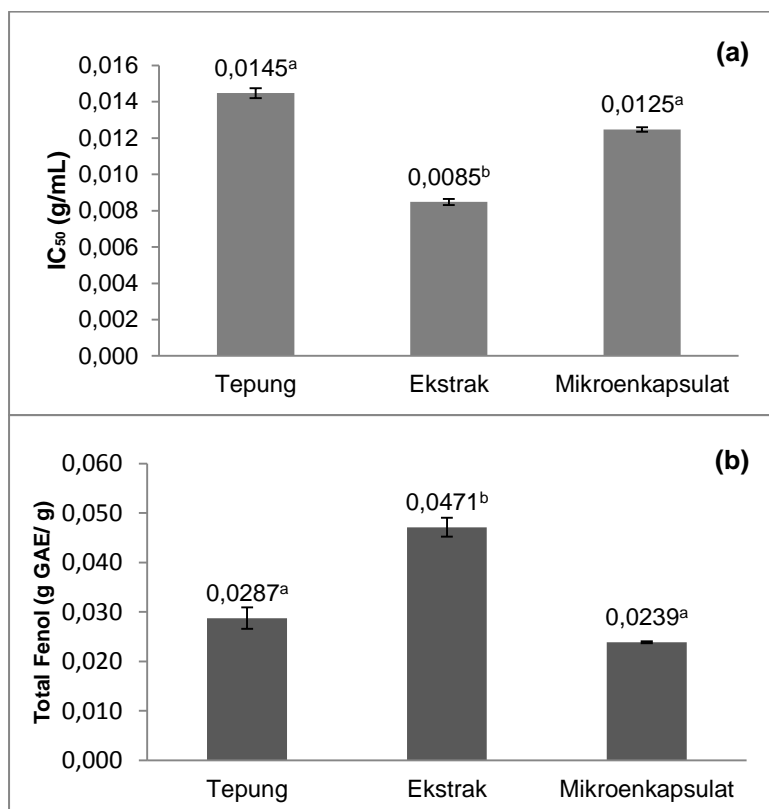
mikroenkapsulat menyebabkan penurunan kadar MDA, dimana penurunan oleh mikroenkapsulat lebih tinggi daripada ekstrak KBM. Pemberian mikroenkapsulat dengan konsentrasi yang semakin tinggi menyebabkan penurunan kadar MDA yang lebih tinggi. Penurunan kadar MDA pada KBM 1, KBM 2,

dan KBM 3 secara berturut-turut adalah 11,64 persen, 40,18 persen, dan 53,43 persen. Hal ini menunjukkan mikroenkapsulat KBM efektif menurunkan kerusakan membran sel hati pada tikus dengan menurunkan kadar MDA secara signifikan dibandingkan dengan ekstrak dan kontrol (+).

Tabel 1
Rerata Berat Badan dan Konsumsi Pakan, dan Berat Organ Hati Relatif Tikus

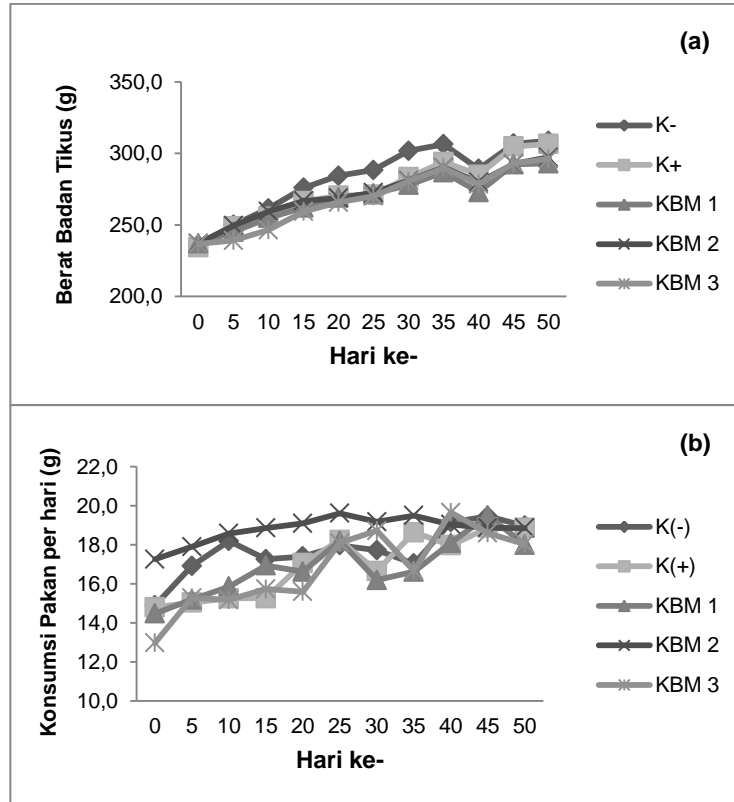
Perlakuan	Rerata Berat Badan Tikus (g)	Rerata Konsumsi Pakan Tikus (g)	Rerata Berat Relatif Organ Hati Tikus (g/ 100g)
K (-)	282,3 ± 22,7 ^a	17,82 ± 0,87 ^a	2,40 ± 0,11 ^a
K (+)	276,5 ± 21,5 ^a	17,01 ± 1,54 ^a	2,44 ± 0,11 ^a
KBM 1	271,2 ± 17,1 ^a	17,14 ± 1,53 ^a	2,63 ± 0,37 ^a
KBM 2	273,0 ± 17,3 ^a	18,79 ± 0,72 ^a	2,52 ± 0,27 ^a
KBM 3	268,6 ± 21,0 ^a	18,79 ± 0,72 ^a	2,33 ± 0,33 ^a

Keterangan: Semua nilai adalah rerata ± SD, n = 5, huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada p<0.05
Penyajian data rerata berat badan dan konsumsi pakan tikus selama 50 hari perlakuan, sedangkan rerata berat organ hati setelah terminasi



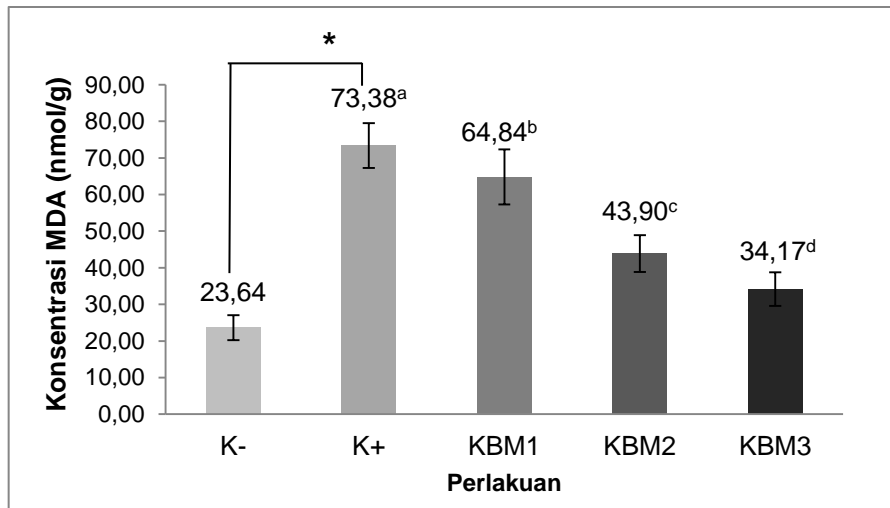
Keterangan: Semua nilai adalah rerata ± SD, n = 2, huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada p<0,05

Gambar 1
Perubahan Daya Antoksidan (a) dan Konsentrasi Total Fenol (b) pada Tepung, Ekstrak dan Mikroenkapsulat KBM



Keterangan: Semua nilai adalah rerata \pm SD, n = 5, huruf berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada $p < 0,05$

Gambar 2
Perubahan Berat Badan Tikus (a) Dan Perubahan Konsumsi Pakan Tikus (b) selama 50 hari perlakuan



Keterangan: Semua nilai adalah rerata \pm SD, n = 5, huruf berbeda dan tanda bintang (*) menunjukkan perbedaan nyata pada $p < 0,05$ Penyajian data setelah tikus diterminasi

Gambar 3
Kadar Malonaldehida Hati Tikus

BAHASAN

Hati memegang peranan penting dalam metabolisme berbagai zat gizi, salah satunya adalah metabolisme lipid. Selain itu, hati juga berperan dalam proses detoksifikasi xenobiotik dalam tubuh. Dalam menjalankan perannya, keberadaan radikal bebas yang terkandung dalam minyak sawit teroksidasi akan menyebabkan peroksidasi lipid di dalam sel hati sehingga membentuk MDA. Minyak sawit teroksidasi akan dicerna secara enzimatik oleh lipase dalam duodenum dan diserap dalam bentuk kilomikron yang selanjutnya dibawa ke hati untuk dimetabolisme³³. Radikal bebas yang tinggi dalam minyak sawit teroksidasi akan akan mengoksidasi membran mulai dari membran sel dan organel termasuk mikrosom hati baik secara enzimatik maupun non enzimatik. Proses oksidasi komponen pembentuk membran sel hati tersebut disebut dengan peroksidasi lipid. Proses ini bersifat auto oksidasi dan melalui tiga tahap reaksi yaitu inisiasi, propagasi, dan terminasi³⁴. Membran mikrosom hati sangat rentan terhadap peroksidasi lipid karena banyak mengandung asam lemak tidak jenuh rantai panjang (PUFA)³⁵. Proses peroksidasi lipid pada membran sel hati akan menghasilkan senyawa radikal peroksida lipid, hidroperoksida, dan produk aldehida seperti MDA. Semakin tinggi kandungan radikal bebas dalam minyak sawit teroksidasi maka proses peroksidasi lipid pada membran sel hati akan semakin meningkat.

Peningkatan kadar MDA hati tikus K+ sesuai dengan beberapa penelitian yang menyebutkan bahwa pemberian minyak sawit teroksidasi pada tikus dapat menyebabkan peningkatan kadar MDA, profil lipid pada serum, dan kadar homosistein^{36,37}. Peningkatan kadar MDA hati merupakan biomarker adanya kerusakan sel hati. Jika terjadi peningkatan secara terus menerus, peroksida lipid yang merusak sel hati dapat keluar dari hati menuju pembuluh darah dan merusak jaringan dan organ lainnya. Tingginya konsentrasi MDA secara kronis dapat menyebabkan perubahan fungsi endotelial, inflamasi vaskuler, dan kerusakan sel membran³⁸ yang dapat meningkatkan resiko penyempitan pembuluh yang berdampak pada beberapa penyakit seperti timbulnya aterosklerosis, penyakit jantung koroner (PJK) dan stroke³⁹.

Berbeda dengan K(+), tikus yang diberi ekstrak maupun mikroenkapsulat KBM mengalami penurunan kadar MDA. Walaupun nilai aktivitas antioksidan ekstrak secara *in vitro* jauh lebih tinggi daripada mikroenkapsulat,

tetapi efek mikroenkapsulat secara *in vivo* jauh lebih terlihat pada penurunan kadar MDA. Hal itu disebabkan di dalam saluran pencernaan, kompleks cairan lambung dan empedu yang mengandung asam dan enzim seperti HCl, garam bikarbonat, lipase, protease, dan amilase³³ dapat menghidrolisis nutrisi termasuk bahan penyalut enkapsulat. Proses hidrolisis pada mikroenkapsulat akan terjadi pada bahan penyalutnya terlebih dahulu sehingga senyawa bioaktif di dalamnya terlindungi untuk dapat diserap tubuh. Sedangkan senyawa bioaktif ekstrak (yang tidak terenkapsulasi) akan langsung berinteraksi dengan radikal bebas di saluran pencernaan sehingga mengalami penurunan bioavailabilitas sebagai antioksidan di dalam sel. Hal itu menyebabkan bioavailabilitas antioksidan mikroenkapsulat lebih besar daripada ekstrak. Penelitian yang dilakukan pada mencit juga menyatakan bahwa bioavailabilitas mikroenkapsulasi zat besi yang difortifikasi dalam susu sapi lebih tinggi daripada yang difortifikasi dengan garam besi-sulfat⁴⁰.

Berdasarkan penurunan tersebut, KBM 3 dengan kandungan mikroenkapsulat 200 mg/BB merupakan konsentrasi terbaik, karena secara signifikan ($p < 0,05$) dapat menurunkan kadar MDA lebih dari 50 persen. KBM 3 juga mampu menurunkan kadar MDA mendekati tikus K- (minyak sawit tanpa oksidasi). Dengan pemberian minyak sawit tanpa oksidasi (K-) sebanyak 25 persen dari kebutuhan lemak tikus diperoleh kadar MDA sebesar 23,64 nmol/g. Perlakuan K- dapat dianggap memiliki kadar MDA tikus normal pada umumnya. Perlakuan tersebut setara dengan tikus tanpa intervensi apapun pada penelitian sebelumnya dengan kadar MDA hati sebesar 23,75 nmol/g⁴¹. Selain penurunan kadar MDA, pemberian ekstrak dan mikroenkapsul KBM tidak mempengaruhi berat dan konsumsi pakan tikus selama perlakuan, hal itu dikarenakan selama proses ekstraksi terjadi penurunan kadar tanin penyebab rasa pahit. Penambahan bahan penyalut pada mikroenkapsulat juga dapat menghambat interaksi antara kadar tanin yang tersisa dengan indera perasa³⁰.

Komponen fenolik dalam KBM dapat bertindak sebagai pemutus rantai reaksi radikal dengan mendonorkan atom hidrogen secara cepat sehingga produk yang dihasilkan lebih stabil dari produk inisial. Kestabilan ini menyebabkan terhentinya reaksi berantai peroksidasi lipid di dalam hati sehingga disfungsi hati akibat minyak sawit teroksidasi dapat dicegah. Efek dari senyawa bioaktif yang terkandung dalam mikroenkapsulat KBM

terhadap penurunan kadar MDA hati tikus ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap kesehatan manusia, seperti efek antioksidan teh hijau yang efektif pada hewan percobaan mencit⁴², tikus⁴³, dan juga terlihat pada manusia⁴⁴. Potensi antioksidan KBM dalam menangkal radikal bebas dapat dijadikan alternatif antioksidan terutama bagi orang Indonesia yang cenderung menyukai makanan jajanan yang digoreng dengan kualitas minyak yang buruk yang dapat diamati dari warnanya yang kehitaman dan keruh, serta berbau tengik. Jika diimbangi dengan konsumsi antioksidan dari KBM, diharapkan dapat mencegah berbagai penyakit degeneratif yang mungkin terjadi.

KESIMPULAN

Antioksidan yang terkandung pada ekstrak dan mikroenkapsulat KBM terbukti mampu menurunkan kadar MDA hati tikus. Proses mikroenkapsulasi mampu meningkatkan bioavailabilitas ekstrak dari KBM yang terlihat dengan penurunan MDA hati lebih tinggi. Penurunan kadar MDA pada KBM 1, KBM 2, dan KBM 3 secara berturut-turut adalah 11,64%, 40,18%, dan 53,43%. Berdasarkan penurunan tersebut mikroenkapsulat KBM dosis 200mg/kgbb merupakan konsentrasi terbaik.

SARAN

Parameter uji disfungsi hati dapat ditambah dengan melakukan analisis SGOT, SGPT, superoksida dismutase (SOD), dan katalase untuk membuktikan keadaan stres oksidatif dan aktivitas enzim antioksidan *de novo* pada organ hati. Selain itu konsentrasi pemberian mikroenkapsulat pada tikus perlu diperbesar rentangnya sehingga diketahui konsentrasi optimum KBM yang aman dan tetap memberikan efek yang diharapkan. Jika penelitian ini akan dikembangkan lebih lanjut bagi kesehatan manusia, sebaiknya digunakan pelarut ekstraksi yang lebih aman seperti air ataupun etanol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi sebagai pemberi dana penelitian beserta seluruh staf laboratorium SEAFast Center Institut Pertanian Bogor dan Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan yang telah membantu kelancaran pelaksanaan penelitian.

RUJUKAN

1. World Health Organization. *Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020*. Geneva : WHO Press, 2013.
2. Windono T, Soediman, Yudawati, Ermawati, Srielita dan Erowati. Uji perendam radikal bebas terhadap 1,1-diphenyl 1-2-picrylhidrazyl (DPPH) dari ekstrak kulit buah dan biji anggur (*Vitis vinifera* L.) Probolinggo Biru dan Bali. *Artocarpus Surabaya*. 2001;1:34-4.
3. Jung HA, Su BN, Keller WJ, Mehta RG, and Kinghorn AD. Antioxidant xanthenes from the pericarp of *Garcinia mangostana* (mangosteen). *J Agric Food Chem*. 2006; 54:2077-2082.
4. Kosem N, Han YH, and Moongkarndi P. Antioxidant and cytoprotective activities of methanolic extract from *Garcinia mangostana* hulls. *Sci Asia*. 2007;33:283-292.
5. Ngawhirunpat T, Opanasopi P, Sukma M, Sittisombut C, AtsushiKat, and Adachi I. Antioxidant, free radical-scavenging activity and cytotoxicity of different solvent extracts and their phenolic constituents from the fruit hull of mangosteen (*Garcinia mangostana*). *Pharm Biol*. 2010;48:55-62.
6. Palakawong C, Sophanodora P, Pisuchpen S, and Phongpaichit S. Antioxidant and antimicrobial activities of crude extracts from mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) parts and some essential oils. *Int Food Res J*. 2010; 17:583-589.
7. Weecharangsan W, Opanasopit P, Sukma M, Ngawhirunpat T, Sotaphun U, and Siripong P. Antioxidative and neuroprotective activities of extracts from the fruit hull of mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.). *Med Princ Pract*. 2006;15:281-287.
8. Zarena AS, and Sankar KU. A study of antioxidant properties from *Garcinia mangostana* L. pericarp extract. *Acta Sci Pol Technol Aliment*. 2009; 8:23-34.
9. Orozco FG, and Failla ML. Biological activities and bioavailability of mangosteen xanthenes: a critical review of the current evidence. *Nutrients*. 2013;5:3163-3183.
10. Tiwari BK, Brunton NP, and Brennan CS. *Handbook of plant food phytochemicals: sources, stability, and extraction*. London: Wiley & Sons Ltd., 2013.
11. Matsumoto K, Akao Y, Kobayashi E, Ohguchi K, Ito T, and Tanaka T. Induction

- of apoptosis by xanthenes from mangosteen in human leukemia cell lines. *J Nat Prod.* 2003;66:1124-1127.
12. Chaverri JP, Rodriguez NC, Ibarra MO, Jazmin M, and Rojas MP. Medicinal properties of mangosteen (*Garcinia mangostana*). *Food Chem Toxicol.* 2008;46:3227-3239.
 13. Moongkarndi P, Kosem N, Kaslungka S, Luanratana O, Pongpan N, and Neungton N. Antiproliferation, antioxidation and induction of apoptosis by *Garcinia mangostana* (mangosteen) on SKBR3 human breast cancer cell line. *J Ethnopharmacol.* 2004;90:161-166.
 14. Akao Y, Nakagawa Y, Iinuma M, and Nozawa Y. Anti-cancer effects of xanthenes from pericarps of mangosteen. *Int J Mol Sci.* 2008;9:355-370.
 15. Chang HF, Huang WT, Chen HJ, and Yang LL. Apoptotic effects of γ -mangostin from the fruit hull of *Garcinia mangostana* on human malignant glioma cells. *Molecules.* 2010;5:8953-8966.
 16. Mahabusarakam W, Kuaha K, Wilairat P, and Taylor WC. Prenylated xanthenes as potential antiplasmodial substances. *Planta Med.* 2006;72:912-916.
 17. Pothitirat W, Chomnawang MT, and Grtsanapan W. Free radical and anti-acne activities of mangosteen fruit rind extracts prepared by different extraction methods. *Pharm Biol.* 2010;48:182-6.
 18. Suksamrarn S, Suwannapoch N, Phakhodee W, Thanuhiranlert J, Ratananukul P, Chimnoi N, et al. Antimycobacterial activity of prenylated xanthenes from the fruits of *Garcinia mangostana*. *Chem Pharm Bull.* 2003;51:857-859.
 19. Moosophin K, Weethaisong T, Seeratchkot L, and Kokluecha W. Tannin extraction from mangosteen peel for protein precipitation in wine. *KKU Res J.* 2010; 15:377-385
 20. Yoshizawa H. Trends in microencapsulation research. 2004 [cited 2014 May 25]. Available from: http://www.kona.or.jp/search/22_023.pdf.
 21. Masters K. *Spray drying handbook*. New York: John Wiley & Sons, 1979.
 22. Miller L. Rat taste behaviors for bitter and sour aversive stimuli. 2008 [cited 2015 May 2]. Available from: webs.wofford.edu/pittmandw/psy451/fall08lm.pdf.
 23. Dungir SG, Katja DG, and Kamu VS. Aktivitas antioksidan ekstrak fenolik dari KBM (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal MIPA UNSRAT Online.* 2012;1:11-15. [Sitasi 3 Mei 2015]. Dalam: ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo/article/download/424/337.
 24. Febriane NN. Efektivitas mikroenkapsulasi ekstrak metanol kulit buah manggis (KBM) untuk mencegah kerusakan fungsi hati tikus akibat konsumsi minyak sawit teroksidasi. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2014.
 25. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official Methods of Analysis*. Washington DC: AOAC, 2000.
 26. Chaovanalikit A, Mingmuang A, Kitbunluewit T, Choldumrongkool N, Sondee J, and Chupratum S. Anthocyanin and total phenolics content of mangosteen and effect of processing on the quality of mangosteen products. *Int Food Res J.* 2012;19:1047-1053.
 27. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official methods of analysis*. Washington DC: AOAC, 1990.
 28. Giriwono PE, Hitoshi S, Yusuke O, Shuichi H, Hiroki K, Shoko S, et al. Dietary supplementation with geranylgeraniol suppresses lipopolysaccharide-induced inflammation via inhibition of nuclear factor- κ B activation in rats. *Eur J Nutr.* 2013; 52:1191-1199.
 29. Slier EA, Neira AP, and Solis RL. Interactions of enological tannins with the protein fraction of saliva and astringency perception are affected by pH. *LWT- Food Sci Technol.* 2011; 45:88-93.
 30. Marangon M, Vincezi S, Lucchetta M, and Curioni A. Heating and reduction affect the reaction with tannins of wine protein fractions differing in hydrophobicity. *Anal Chim Acta.* 2010; 660: 110-118.
 31. Utari DM. Efek intervensi tempe terhadap profil lipid, superoksida dismutase, LDL teroksidasi dan malondialdehid pada wanita menopause. *Disertasi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2011.
 32. Suryohudoyo P. *Kapita selekta ilmu kedokteran molekuler*. Jakarta: CV. Sagung Seto, 2000.
 33. Whitney E, and Rolfes SR. *Understanding nutrition*. California: Wadsworth, 2013.
 34. Murray RK, Granner DKR, and Mayes PA, Rodwell VW. *Biokimia harper 26th Ed*. New York: Lange Medical Publications, 2003.
 35. Halliwell B, and Gutteridge JMC. *Free radicals in biology and medicine fourth Ed*. New York: Oxford University Press, 2007.

36. Jaarin K, Norhayati M, Norzana G, Aini UO, and Nirwana SI. Effects of heated vegetable oils on serum lipids and aorta of ovariectomized rats. *Pak J Nutr.* 2006; 5:19-29.
37. Adam SK, Soelaiman IN, Umar NA, Mokhtar N, Mohamed N, and Jaarin K. Effects of repeatedly heated palm oil on serum lipid profile, lipid peroxidation and homocysteine levels in a post-menopausal rat model. *Mcgill J Med.* 2008;11:145-151.
38. Subermaniam K, Saad QHM, Das S, and Othman F. Virgin coconut oil (VCO) decreases the level of malondialdehyde (MDA) in the cardiac tissue of experimental sprague-dawley rats fed with heated palm oil. *J Med Biol Eng.* 2014;3:102-106.
39. Braunwald E. *Approach to the patient with cardiovascular disease.* In: Kasper DL, Longo SL, Hauser (editors). *Harrison's principles internal medicine, volume 2.* 16th ed. New York: McGrawHill Medical Publishing Division, 2005.
40. Olivares M. Bioavailability of microencapsulated ferrous sulfate in milk. *Nutrition.* 2002;18:285-286.
41. Bukan N, Sancak B, Yavuz O, Koca C, Tutkun F, Ozcelikay T, *et al.* Lipid peroxidation and scavenging enzyme levels in the liver of streptozotocin-induced diabetic rats. *Indian J Biochem Bio.* 2003;40:447-450.
42. Gawish AM, Issa AM, Bassily NS, and Manaa SM. Role of green tea on nicotine toxicity on liver and lung of mice: Histological and morphometrical. *Afr J Biotechnol.* 2012;11:2013-2025.
43. Skrzydlewska E, Ostrowska J, Farbiszewski R, and Michalak K. Protective effect of green tea against lipid peroxidation in the rat liver, blood serum and the brain. *Phytomedicine.* 2002;9:232-238.
44. Sinija VR, and Mishra HN. Green tea: health benefits. *J Nutr Environ Med.* 2008;17:232-242.