

Berita Biologi

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati



A. *BEGONIA ARCTICA* (ciri khas buah buni tdk berbulu)



B. *BEGONIA FLACCA* (ciri khas batang menjalar)



C. *B. HIPIDISSIMA* (ciri khas daun berwarna hijau kebiruan)



D. *B. WATUWILAN* (ciri khas pada perbungaan memiliki sekitar 30 buah tiap perbungaan)



E. *B. ARCTICA VARIETALIS* (ciri khas perawakan, bung dan buah berbulu)



F. *B. MEKONGGAENSIS* (ciri khas bunga jantan dan betina terpisah pada dua individu berbeda)

Diterbitkan oleh
Pusat Penelitian Biologi - LIPI

Berita Biologi merupakan Jurnal Ilmiah ilmu-ilmu hayati yang dikelola oleh Pusat Penelitian Biologi - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), untuk menerbitkan hasil karya-penelitian (original research) dan karya-pengembangan, tinjauan kembali (review) dan ulasan topik khusus dalam bidang biologi. Disediakan pula ruang untuk menguraikan seluk-beluk peralatan laboratorium yang spesifik dan dipakai secara umum, standard dan secara internasional. Juga uraian tentang metode-metode berstandar baku dalam bidang biologi, baik laboratorium, lapangan maupun pengolahan koleksi biodiversitas. Kesempatan menulis terbuka untuk umum meliputi para peneliti lembaga riset, pengajar perguruan tinggi maupun pekarya-tesis sarjana semua strata. Makalah harus dipersiapkan dengan berpedoman pada ketentuan-ketentuan penulisan yang tercantum dalam setiap nomor.

Diterbitkan 3 kali dalam setahun yakni bulan April, Agustus dan Desember. Setiap volume terdiri dari 6 nomor.

Surat Keputusan Ketua LIPI

Nomor: 1326/E/2000, Tanggal 9 Juni 2000

Dewan Pengurus

Pemimpin Redaksi

B Paul Naiola

Anggota Redaksi

Andria Agusta, Dwi Astuti, Hari Sutrisno, Iwan Saskiawan

Kusumadewi Sri Yulita, Tukirin Partomihardjo

Redaksi Pelaksana

Marlina Ardiyani

Desain dan Komputerisasi

Muhamad Ruslan, Yosman

Sekretaris Redaksi/Korespondensi Umum

(berlangganan, surat-menyurat dan kearsipan)

Enok, Ruswenti, Budiarjo

Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Kompleks Cibinong Science Center (CSC-LIPI)
Jin Raya Jakarta-Bogor Km 46,
Cibinong 16911, Bogor - Indonesia
Telepon (021) 8765066 - 8765067
Faksimili (021) 8765059
e-mail: berita.biologi@mail.lipi.go.id
ksama_p2biologi@yahoo.com
herbogor@indo.net.id

Keterangan foto cover depan: *Keanekaragaman Begonia Kawasan G. Watuwila dan G. Mekongga, Sulawesi Tenggara*, sesuai makalah di halaman 33. Deden Girmansyah-Koleksi Pusat Penelitian Biologi-LIPI.



ISSN 0126-1754

Volume 10, Nomor 1, April 2010

Biologi

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati

**Diterbitkan oleh
Pusat Penelitian Biologi - LIPI**

In Memoriam
Dr Anggoro Hadi Prasetyo



Dr Anggoro Hadi Prasetyo yang merupakan staf pegawai Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI, telah menghadap Yang Maha Kuasa pada hari Sabtu tanggal 20 Pebruari 2010, setelah dirawat selama 4 hari di RS PMI Bogor dan RS Ciptomangunkusumo, Jakarta, karena Leukaemia Akut yang dideritanya. Almarhum adalah seorang ahli taksonomi rayap yang mendapatkan gelar PhD dari Queen Mary University of London. Almarhum meninggalkan seorang istri Dr Marlina Ardiyani, yang bekerja di Herbarium Bogoriense, Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi-LIPI, dan dua orang anak laki laki (M Ammar Zaky dan M Zuhdi Ali) dan dua anak perempuan (Anisa Zahra dan Aisyah Zafrina Aini).

Ketentuan-ketentuan untuk Penulisan dalam Jurnal Berita Biologi

1. Karangan ilmiah asli, *hasil penelitian* dan belum pernah diterbitkan atau tidak sedang dikirim ke media lain. Makalah yang sedang dalam proses penilaian dan penyuntingan, tidak diperkenankan untuk ditarik kembali, sebelum ada keputusan resmi dari Dewan Redaksi.
2. Bahasa Indonesia. Bahasa Inggris dan asing lainnya, dipertimbangkan.
3. Masalah yang diliput, diharapkan aspek "baru" dalam bidang-bidang
 - Biologi dasar (*pure biology*), meliputi turunan-turunannya (mikrobiologi, fisiologi, ekologi, genetika, morfologi, sistematik/ taksonomi dsbnya).
 - Ilmu serumpun dengan biologi: pertanian, kehutanan, peternakan, perikanan air tawar dan biologi kelautan, agrobiologi, limnologi, agrobioklimatologi, kesehatan, kimia, lingkungan, agroforestri.
 - *Aspek/pendekatan biologi* harus tampak jelas.
4. Deskripsi masalah: harus jelas adanya tantangan ilmiah (*scientific challenge*).
5. Metode pendekatan masalah: standar, sesuai bidang masing-masing.
6. Hasil: hasil temuan harus jelas dan terarah.
7. Kerangka karangan: standar.

Abstrak dalam bahasa Inggris, maksimum 200 kata, spasi tunggal, isi singkat, padat yang pada dasarnya menjelaskan masalah dan hasil temuan. Kata kunci 5-7 buah. Hasil dipisahkan dari Pembahasan.
8. Pola penulisan makalah: spasi ganda (kecuali abstrak), pada kertas berukuran A4 (70 gram), maksimum 15 halaman termasuk gambar/foto. Gambar dan foto harus bermutu tinggi; penomoran gambar dipisahkan dari foto. Jika gambar manual tidak dapat dihindari, harus dibuat pada kertas kalkir dengan tinta cina, berukuran kartu pos. Pencantuman Lampiran seperlunya.
9. Cara penulisan sumber pustaka: tuliskan nama jurnal, buku, prosiding atau sumber lainnya secara lengkap. Nama inisial pengarang(-pengarang) tidak perlu diberi tanda titik pemisah.
 - a. Jurnal

Premachandra GS, H Saneko, K Fujita and S Ogata. 1992. Leaf water relations, osmotic adjustment, cell membrane stability, epicuticular wax load and growth as affected by increasing water deficits in sorghum. *Journal of Experimental Botany* 43, 1559-1576.
 - b. Buku

Kramer PJ. 1983. *Plant Water Relationship*, 76. Academic, New York.
 - c. Prosiding atau hasil Simposium/Seminar/Lokakarya dan sebagainya:

Hamzah MS dan SA Yusuf. 1995. Pengamatan beberapa aspek biologi sotong buluh (*Sepioteuthis lessoniana*) di sekitar perairan pantai Wokam bagian barat, Kepulauan Aru, Maluku Tenggara. *Prosiding Seminar Nasional Biologi XI*, Ujung Pandang 20-21 Juli 1993. M Hasan, A Mattimu, JG Nelwan dan M Litaay (Penyunting), 769-777. Perhimpunan Biologi Indonesia.
 - d. Makalah sebagai bagian dari buku

Leegood RC and DA Walker. 1993. Chloroplast and Protoplast. In: DO Hall, JMO Scurlock, HR Bohlar Nordenkampf, RC Leegood and SP Long (Eds.). *Photosynthesis and Production in a Changing Environment*, 268-282. Chapman and Hall. London.
10. Kirimkan 2 (dua) eksemplar makalah ke Redaksi (alamat pada cover depan-dalam) yang ditulis dengan program Microsoft Word 2000 ke atas. Satu eksemplar tanpa nama dan alamat penulis (-penulis)nya. Sertakan juga copy file dalam CD (bukan disket), untuk kebutuhan Referee/Mitra bestari. Kirimkan juga filenya melalui alamat elektronik (e-mail) resmi Berita Biologi: berita.biologi@mail.lipi.go.id dan di-Cc-kan kepada: ksama_p2biologi@yahoo.com, herbogor@indo.net.id
11. Sertakan alamat Penulis (termasuk elektronik) yang jelas, juga meliputi nomor telepon (termasuk HP) yang dengan mudah dan cepat dihubungi.

Anggota Referee / Mitra Bestari

Mikrobiologi

Dr Bambang Sunarko (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Prof Dr Feliatra (*Universitas Riau*)
Dr Heddy Julistiono (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr I Nengah Sujaya (*Universitas Udayana*)
Dr Joko Sulistyono (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Joko Widodo (*Universitas Gajah Mada*)
Dr Lisdar I Sudirman (*Institut Pertanian Bogor*)
Dr Ocky Kama Radjasa (*Universitas Diponegoro*)

Mikologi

Dr Dono Wahyuno (*BB Litbang Tanaman Rempah dan Obat-Deptari*)
Dr Kartini Kramadibrata (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)

Genetika

Prof Dr Alex Hartana (*Institut Pertanian Bogor*)
Dr Warid AH Qosim (*Universitas Padjadjaran*)
Dr Yuyu Suryasari Poerba (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)

Taksonomi

Dr Ary P Keim (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Daisy Wowor (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Prof (Ris) Dr Johanis P Mogeia (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Rosichon Ubaidillah (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)

Biologi Molekuler

Dr Eni Sudarmonowati (*Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI*)
Dr Endang Gati Lestari (*BB Litbang Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian-Deptan*)
Dr Hendig Winarno (*Badan Tenaga Atom Nasional*)
Dr I Made Sudiana (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Nurlina Bermawie (*BB Litbang Tanaman Rempah dan Obat-Deptan*)
Dr Yusnita Said (*Universitas Lampung*)

Bioteknologi

Dr Endang Tri Margawati (*Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI*)
Dr Nyoman Mantik Astawa (*Universitas Udayana*)
Dr Satya Nugroho (*Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI*)

Veteriner

Prof Dr Fadjar Satrija (*FKH-IPB*)

Biologi Peternakan

Prof (Ris) Dr Subandryo (*Pusat Penelitian Ternak-Deptan*)

Ekologi

Dr Didik Widyatmoko (*Pusat Konservasi Tumbuhan-LIPI*)
Dr Dewi Malia Prawiradilaga (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Frans Wospakrik (*Universitas Papua*)
Dr Herman Daryono (*Pusat Penelitian Hutan-Dephut*)
Dr Istomo (*Institut Pertanian Bogor*)
Dr Michael L Riwu Kaho (*Universitas Nusa Cendana*)
Dr Sih Kahono (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)

Biokimia

Prof Dr Adek Zamrud Adnan (*Universitas Andalas*)
Dr Deasy Natalia (*Institut Teknologi Bandung*)
Dr Elfahmi (*Institut Teknologi Bandung*)
Dr Herto Dwi Ariesyadi (*Institut Teknologi Bandung*)
Dr Tri Murningsih (*Pusat Penelitian Biologi -LIPI*)

Fisiologi

Prof Dr Bambang Sapto Purwoko (*Institut Pertanian Bogor*)
Dr Gono Semiadi (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Irawati (*Pusat Konservasi Tumbuhan-LIPI*)
Dr Nuril Hidayati (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Wartika Rosa Farida (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)

Biostatistik

Ir Fahren Bukhari, MSc (*Institut Pertanian Bogor*)

Biologi Perairan Darat/Limnologi

Dr Cynthia Henny (*Pusat Penelitian Limnologi-LIPI*)
Dr Fauzan AH (*Pusat Penelitian Limnologi-LIPI*)
Dr Rudhy Gustiano (*Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar-DKP*)

Biologi Tanah

Dr Rasti Saraswati (*BB Sumberdaya Lahan Pertanian-Deptan*)

Biodiversitas dan Iklim

Dr Rizaldi Boer (*Institut Pertanian Bogor*)
Dr Tania June (*Institut Pertanian Bogor*)

Biologi Kelautan

Prof Dr Chair Rani (*Universitas Hasanuddin*)
Dr Magdalena Litaay (*Universitas Hasanuddin*)
Prof (Ris) Dr Ngurah Nyoman Wiadnyana (*Pusat Riset Perikanan Tangkap-DKP*)
Dr Nyoto Santoso (*Lembaga Pengkajian dan Pengembangan Mangrove*)

Berita Biologi menyampaikan terima kasih
kepada para Mitra Bestari/ Penilai (Referee) nomor ini
10(1)-April 2010

Dr. Andria Agusta - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Didik Widyatmoko - *Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor*
Dr. Heddy Julistiono - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Herman Daryono - *Pusat Penelitian Hutan Badan Litbang Kehutanan*
Dr. Iwan Saskiawan - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Kusumadewi Sri Yulita - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Marlina Ardiyani - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Sarjiya Antonius - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Tukirin Partomihardjo - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Yuyu Suryasari Poerba - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*

Referee/ Mitra Bestari Undangan

Prof. Dr. Cece Sumantri- *Institut Pertanian Bogor*
Dr. Satya Nugraha - *Pusat Penelitian Bioteknologi - LIPI*
Dr. Subowo - *Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian*
Dr. Tatiek Chikmawati - *Institut Pertanian Bogor*

DAFTAR ISI

MAKALAH HASIL RISET (ORIGINAL PAPERS)

UJI AKTIFITAS ENZIM SELULASE DAN LIGNINASE DARI BEBERAPA JAMUR DAN POTENSINYA SEBAGAI PENDUKUNG PERTUMBUHAN TANAMAN TERONG (<i>Solarium melongena</i>) [The Test of Cellulase and Ligninase Enzymes from Some Fungi as Plant Growth Promoter for Eggplant] YB Subawo.....	1
PENGARUH PEMBERIAN JERAMI PADITERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN PADI (<i>Oryza Sativa</i>) DITANAH SULFAT MASAM [The Effect of Rice Straw Application on The Growth of Rice (<i>Oryza Sativa</i>) in Acid Sulphate Soils] Arifin Fahmi.....	7
PERUBAHAN KADAR KOLESTEROL SERUM PADA TIKUS SETELAH MENGONSUMSI MALTOOLIGOSAKARIDA YANG DISINTESIS SECARA ENZIMATIK MENGGUNAKAN AMILASE <i>Bacillus licheniformis</i> BL1 [The Change of Serum Cholesterol Level in Rats after Consuming Maltooligosaccharide Synthesized by Enzymatic Reaction of <i>Bacillus licheniformis</i> BL1 Amylase] Achmad Dinoto, Rita Dwi Rahayu dan Aryani S. Satyaningtijas.....	15
KERAGAMAN GENETIK, HERITABILITAS DAN KORELASI BEBERAPA KARAKTER AGRONOMI PADA GALUR F2 HASIL PERSILANGAN KACANG HIJAU (<i>Vigna radiata</i> (L.) Wilczek) [Genetic Variability, Heritability and Correlation of some Agronomic Characters in the F2 of Varietal crosses of Mungbean (<i>Vigna radiata</i> (L.) Wilczek)] Lukman Hakim.....	23
KEANEKARAGAMAN <i>Begonia</i> (BEGONIACEAE) DARI KAWASAN GUNUNG WATUWILA DAN MEKONGGA, SULAWESI TENGGARA [Diversity of <i>Begonia</i> (Begoniaceae) from Mt. Mekongga and Mt. Watuwila Area, South East Sulawesi] Deden Girmansyah.....	33
NITROGEN REMOVAL BY AN ACTIVATED SLUDGE PROCESS WITH CROSS-FLOW FILTRATION [Perombakan Nitrogen Menggunakan Proses Lumpur Aktif Yang Dilengkapi Dengan Filtrasi] Dwi Agustiyani dan Takao Yamagishi.....	43
STRUKTUR DAN KOMPOSISI JENIS TUMBUHAN HERBA DAN SEMAI PADA HABITAT SATWA HERBIVOR DI SUAKA MARGA SATWA CIKEPUH, SUKABUMI, JAWA BARAT [Structure and Composition of Herbaceous and Seedling Communities on the Herbivore Habitat within Cikepuh Wildlife Sanctuary, Sukabumi, West Java] AsepSadili.....	51
PEWARISAN GEN PENANDA <i>HPT</i> (<i>HYGROMYCINE PHOSPHOTRANSFERASE</i>) BERDASARKAN ANALISIS PCR DAN EKSPRESINYA PADA POPULASI PADI TRANSFORMAN MENGOVEREKSPEKSIKAN GEN HD ZIP <i>OSHOX-6</i> [Segregation of <i>hpt</i> gene by PCR analysis and its expression in transgenic rice population overexpressing HD-Zip <i>oshox6</i> gene] EnungSriMulyaningsih, HajrialAswidinnoor, Didy Sopandie, Pieter B.F.Ouwerkerk, Inez Hortense Slamet Loedin.....	59

PENGETAHUAN LOKAL DAN PEMANFAATAN TUMBUHAN OLEH MASYARAKAT LOKAL PULAU KABAENA - SULAWESI TENGGARA [Local Knowledge and Plant Utilization By Local People Of Kabaena Island - Southeast Celebes] <i>Mulyati Rahayu dan Rugayah</i>	67
ESTIMASI MATERNAL HETEROSIS UNTUK BOBOT BADAN PADA POPULASI DOMBA SINTETIK [Estimates of Maternal Heterosis for Body Weights in the Synthetic Population of Sheep] <i>Benny Gunawan</i>	77
KINETIKA BIOTRANSFORMASI SUKSINONITRIL OLEH <i>Pseudomonas</i> sp [Succinic acid Biotransformation Kinetic by <i>Pseudomonas</i> sp] <i>Nunik Sulistinah dan Bambang Sunarko</i>	85
PENGUJIAN PENCEMARAN DAGING BABI PADA BEBERAPA PRODUK BAKSO DENGAN TEKNOLOGI PCR: PENCARIAN SISTEM PENGUJIAN EFEKTIF [Analysis of Porcine Contamination by Using PCR Technology in Several Meat Ball Products: To Find an Effective Assessment System] <i>Endang Tri Margawati dan Muhamad Ridwan</i>	93
KAJIAN SUPERPARASIT DAN PREFERENSI INANG BENALU <i>Viscum articulatum</i> Burm. f. (Viscaceae) DIKEBUN RAYA PURWODADI DAN CIBODAS [Study on superparasite and host preference of the mistletoe <i>Viscum articulatum</i> Burm. f. (Viscaceae) in Purwodadi and Cibodas Botanic Gardens, Java] <i>Sunaryo</i>	99
FLOWERING PHENOLOGY AND FLORAL BEHAVIOR OF <i>Scutellaria discolor</i> Colebr. AND <i>S. slametensis</i> Sudarmono & B.J. Conn (Lamiaceae) [Fenologi dan Perilaku Pembungaan pada <i>Scutellaria discolor</i> Colebr. dan <i>S. Slametensis</i> Sudarmono & B.J. Conn (Lamiaceae)] <i>Sudarmono</i>	105
KAJIAN ETNOBOTANI PANDAN SAMAK (<i>Pandanus tectorius</i> Sol.) DI KABUPATEN TASIKMALAYA, JAWA BARAT [Ethnobotany Study of pandan samak (<i>Pandanus tectorius</i> Sol.) in Tasikmalaya Regency, West Java] <i>Siti Susiarti & Mulyati Rahayu</i>	113
PENGARUH RADIASI DAN LOKASI TUMBUH TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PENYAKIT HAWAR DAUN TALAS "KETAN" [The Effect of Irradiation and Growing Locations on The Growth and Leaf BLIGHT Disease of Taro "Ketan"] <i>L Agus Sukanto dan Saefudin</i>	123
AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN ANALISIS KIMIA EKSTRAK DAUN JUNGRAHAB (<i>Baekeafrutescens</i> L.) [Antioxidant Activity and Chemical Analysis of Extract of Jungrahab (<i>Baekeafrutescens</i> L.) Leaves] <i>Tri Murningsih</i>	129

PERUBAHAN KADAR KOLESTEROL SERUM PADA TIKUS SETELAH
MENGKONSUMSI MALTOOLIGOSAKARIDA YANG DISINTESIS SECARA
ENZIMATIK MENGGUNAKAN AMILASE *Bacillus licheniformis* BL1¹
[The Change of Serum Cholesterol Level in Rats after Consuming Maltooligosaccharide
Synthesized by Enzymatic Reaction of *Bacillus licheniformis* BL1 Amylase]

Achmad Dinoto^{2E3*}, Rita Dwi Rahayu² dan Aryani S Satyaningtjas³

²Pusat Penelitian Biologi LIPI, Jin Raya Jakarta Bogor Km. 46 Cibinong 16911

³Departemen Anatomi, Fisiologi dan Farmakologi, Fakultas Kedokteran Hewan, IPB.

Kampus IPB Darmaga, Bogor. Telp. 0251 421807.

*e mail: [achmaddinoto\(S@yahoo.com](mailto:achmaddinoto(S@yahoo.com)

ABSTRACT

To investigate the impact of consuming enzymatically synthesized maltooligosaccharide using *Bacillus licheniformis* BL1 amylase on reduction of serum cholesterol level, in preclinical study groups of Sprague Dawley rats were fed for 3 weeks with four different test diets: basal diet (BD), high serum cholesterol stimulating basal diet (CD), high serum cholesterol stimulating basal diet supplemented with 3% (w/w feed) commercial maltooligosaccharide (CI), and high serum cholesterol stimulating basal diet supplemented with 3% (w/w feed) maltooligosaccharide synthesized by enzymatic reaction of *B. licheniformis* BL1 amylase (CB). Our result shows a reduction of serum cholesterol level up to 39.1% in rats CB after three weeks consuming maltooligosaccharide synthesized using *B. licheniformis* BL1 amylase. In addition, significantly increased blood glucose level was not found in this study as an impact of consuming maltooligosaccharide synthesized using *B. licheniformis* BL1 amylase.

Kata kunci: maltooligosakarida, *Bacillus licheniformis*, kolesterol, tikus, uji praklinis.

PENDAHULUAN

Penemuan enzim baru mikroba yang mampu mensintesis oligosakarida dengan struktur yang spesifik meningkatkan produksi bermacam macam oligosakarida meliputi glikosil sukrosa, fruktooligosakarida, galaktooligosakarida, laktosukrosa, xilooligosakarida, maltooligosakarida dan iso maltooligosakarida. Oligosakarida oligosakarida tersebut memiliki fungsi penting bagi kesehatan manusia seperti meningkatkan populasi bakteri baik di saluran cerna, mereduksi reaksi alergi, meningkatkan penyerapan mineral dan memodulasi metabolisme lipid (Nakakuki, 2003; Sakuma, 2002). Isomaltooligosakarida dilaporkan cukup efektif dalam meningkatkan bifidobakteria dan produksi asam laktat (Rycroft *et al.* 2001).

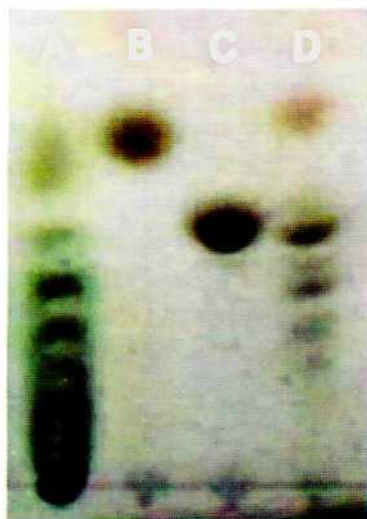
Pati merupakan salah satu bahan dasar untuk sintesis oligosakarida secara enzimatis. Oligosakarida berbasis pati ini terdiri dari unit unit α D glukopiranosil yang terhubung dengan ikatan α 1,4 glikosidik dan/ atau ikatan α 1,6 glikosidik. Maltooligosakarida adalah oligosakarida yang hanya memiliki ikatan α 1,4 glikosidik, sedangkan isomaltooligosakarida

merupakan oligosakarida dengan struktur bercabang yang dapat tersusun oleh baik ikatan α 1,4 glikosidik dan ikatan α 1,6 glikosidik (Nakakuki, 2003). Sirup yang mengandung isomaltooligosakarida diproduksi dari maltosa sebagai bahan dasar melalui reaksi transfer yang melibatkan enzim glukosidase. Beberapa genus bakteri yang telah diketahui mampu menghasilkan enzim amilase untuk sintesis maltooligosakarida antara lain adalah *Streptomyces* (Min *et al.*, 1998), *Brachybacterium* (Doukyu *et al.*, 2008), *Microbacterium* (Takasaki *et al.*, 1991), *Pseudomonas* (Okemoto *et al.*, 1986), *Klebsiella* (Momma, 2000) dan *Bacillus* (Ali *et al.*, 2001; Min *et al.*, 1998; Nagarajan *et al.*, 2006; Takasaki, 1985). Pada penelitian ini, bahan pangan berupa maltooligosakarida yang disintesis menggunakan enzim amilase asal *Bacillus licheniformis* BL1 akan diuji kapasitas fungsionalnya untuk aplikasi kesehatan. Tujuan spesifik penelitian ini adalah untuk mengkaji efek pemberian maltooligosakarida terhadap penurunan total kolesterol serum darah dan keamanan pengkonsumsiannya pada model praklinis menggunakan tikus *Sprague Dawley* sebagai hewan uji.

BAHAN DAN CARA KERJA

Bahan dan preparasinya

Maltooligosakarida yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil degradasi enzimatis pati *Xanthosoma* sp. dengan enzim amilase dari isolat bakteri *Bacillus licheniformis* BL1 yang merupakan *working culture* di Laboratorium Bioprospeksi Mikroba, Pusat Penelitian Biologi-LIPI. Pereaksian enzim amilase dari isolat bakteri *Bacillus licheniformis* BL1 dan 10% (b/b) larutan pati dalam larutan penyangga asetat (pH 6.5) dilakukan pada suhu 80°C selama 180 menit. Hasil reaksi yang mengandung maltooligosakarida melalui pengujian kromatografi lapis tipis dikonsentratkan dengan proses kering-beku menggunakan *freeze-dryer* (Eyela FDU-1200, Japan) pada suhu -40°C sampai membentuk bubuk. Campuran maltooligosakarida tersebut disimpan pada tempat tertutup sampai digunakan dalam penelitian selanjutnya. Maltooligosakarida komersial yang digunakan sebagai pembanding efikasi antikolesterol maltooligosakarida hasil sintesis enzimatis pada penelitian ini merupakan produksi *Minami Healthy Foods* (Kumagaya, Jepang) yang tersedia di pasaran. Profil bercak kromatografi lapis tipis (KLT) dari kedua maltooligosakarida tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Profil kromatografi lapis tipis dari maltooligosakarida hasil sintesis enzim amilase *Bacillus licheniformis* BL1 (A), glukosa (B), maltosa (C) dan maltooligosakarida komersial *Minami Healthy Foods*

Percobaan Hewan

Tikus *Sprague Dawley* berusia 10 minggu dengan bobot badan sekitar 90 g diperoleh dari Departemen Anatomi, Fisiologi dan Farmakologi, Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor (IPB), Indonesia. Tikus diperlakukan mengikuti panduan pemeliharaan hewan uji di Fakultas Kedokteran Hewan-IPB yaitu dipelihara dalam kandang secara individual pada suhu ruangan dengan siklus terang-gelap 12 jam dan mendapatkan pakan dasar mengandung 17% protein, 4% lemak, 7% serat, 2% kalsium, 2% fosfor, 15 % abu dan 10% air (dipersiapkan oleh PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk, Cirebon). Pada penelitian ini pakan yang mengakibatkan kadar kolesterol serum tinggi dibuat dengan menambahkan pakan dasar dengan 2,5 g kolin bitartrat (Sigma, St. Louis, USA) per kg pakan dasar. Tikus dibagi menjadi empat kelompok yang masing-masing terdiri dari 6 individu meliputi kelompok tikus yang mengonsumsi pakan dasar saja (BD), kelompok tikus yang mengonsumsi pakan berdampak kolesterol serum tinggi (CD), kelompok tikus yang mengonsumsi pakan berdampak kolesterol serum tinggi dengan suplementasi 3% (b/b) maltooligosakarida komersial (CI) dan kelompok tikus yang mengonsumsi pakan berdampak kolesterol serum tinggi dengan suplementasi 3% (b/b) maltooligosakarida hasil reaksi enzim *B. licheniformis* BL1 (CB). Kelompok tikus BD dipelihara pada kondisi yang sama sampai akhir percobaan untuk meyakinkan efikasi pemberian kolin bitartrat sebagai model peningkatan kadar total kolesterol pada tikus melalui pakan. Semua tikus percobaan (CD, CI dan CB) kecuali tikus BD diadaptasikan selama satu minggu dengan pakan dasar mengandung kolin dan dilanjutkan dengan perlakuan suplementasi maltooligosakarida selama tiga minggu. Pengamatan terhadap bobot badan hewan dan sisa pakan dilakukan setiap hari. Pada akhir percobaan, tikus dibius dengan dietil eter, diambil sampel darahnya dan dibedah untuk pengamatan patofisiologi serta organ-organ meliputi hati, jantung, ginjal, pankreas, limpa, paru-paru serta dilakukan pengoleksian cecum. Setelah pengukuran bobot organ, pengamatan histopatologi organ-organ tersebut dilakukan setelah fiksasi menggunakan paraformaldehid. Nilai pH isi cecum

diukur menggunakan pH meter.

Pengambilan dan preparasi sampel darah

Pengambilan darah tikus secara intrakardial sebanyak 3 ml dilakukan setelah dilakukan pembiusan. Darah yang terkumpul dalam tabung reaksi didiamkan pada suhu ruangan ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) dalam keadaan miring sekitar 5 menit, kemudian fraksi serum darah diambil dan disentrifus pada kecepatan 2300 rpm selama 15 menit untuk pemurnian. Serum darah dikumpulkan di dalam *microtube* untuk pengukuran kadar total kolesterol serum dan kadar glukosa darah.

Pengukuran total kolesterol serum

Total kolesterol serum dilakukan dengan menggunakan kit *Cholesterol liquicolor* (Human Gesellschaft fur Biochemica und Diagnostica mbH, Wiesben, Germany) berdasarkan uji kolorimetri sesuai petunjuk yang tertera pada kit tersebut. Kolesterol ditentukan berdasarkan absorbansi dari senyawa indikator kuinoeimin sebagai produk reaksi senyawa 4-aminofenazon, fenol dan senyawa intermedier hidrogen peroksida yang dihasilkan setelah rangkaian reaksi oksidasi enzimatis kolesterol oleh enzim kolesterol oksidase dan reaksi hidrolisis senyawa kolesterol ester oleh enzim kolesterol esterase. Campuran 10 μl serum dan 1000 μl reagen RGT diinkubasi pada suhu kamar selama 10 menit dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer Hitachi U-2001 (Hitachi High-Corporation, Tokyo, Japan) pada panjang gelombang 500 nm. Reagen STD digunakan sebagai standar pengujian dan blanko menggunakan reagen RGT. Kadar kolesterol dihitung dengan berdasarkan kurva standar Reagen STD.

Pengukuran kadar glukosa darah

Kadar glukosa serum darah tikus dilakukan dengan menggunakan kit *Glucose liquicolor* (Human Gesellschaft fur Biochemica und Diagnostica mbH, Wiesben, Germany) berdasarkan uji kolorimetri sesuai petunjuk yang tertera pada kit tersebut. Kadar glukosa ditentukan berdasarkan absorbansi dari senyawa indikator kuinoeimin sebagai produk reaksi senyawa 4-aminofenazon, fenol dan senyawa intermedier hidrogen peroksida yang dihasilkan setelah oksidasi enzimatis senyawa glukosa melibatkan enzim glukosa oksidase. Campuran 10 μl serum dan 1000 μl reagen RGT diinkubasi pada suhu kamar selama 10 menit dan

diukur absorbansinya dengan spektrofotometer Hitachi U-2001 (Hitachi High-Corporation, Tokyo, Japan) pada panjang gelombang 500 nm. Reagen STD digunakan sebagai standar pengujian dan blanko menggunakan reagen RGT. Kadar glukosa serum darah dihitung dengan berdasarkan kurva standar Reagen STD.

Analisis statistik

Data kadar total kolesterol serum, kadar glukosa darah dan bobot organ-organ vital hewan uji ditampilkan dalam nilai rata-rata $\pm$ *standard error means* (SEM). Perbedaan antar kelompok pakan diuji dengan *one-way ANOVA* menggunakan software SPSS versi 13.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL) yang ditentukan berdasarkan *Turkey test*. Perbedaan nilai rata-rata dinyatakan signifikan apabila nilai $P < 0,05$.

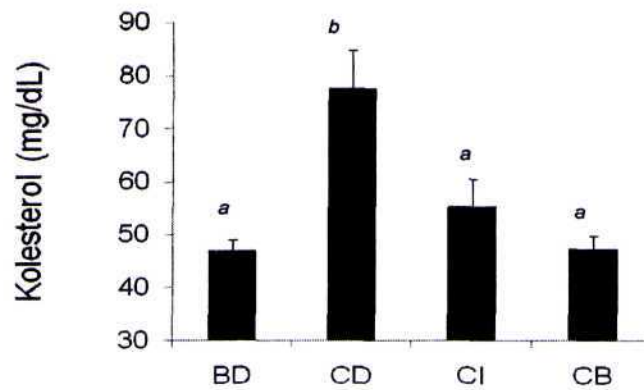
HASIL

Model pengujian hewan

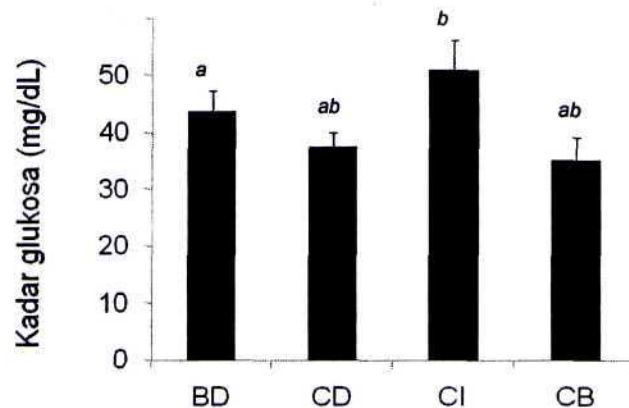
Kadar total kolesterol serum darah pada tikus yang mengkonsumsi pakan mengandung 2,5 g kolin bitartrat per kg pakan (CD) selama 3 minggu diketahui 1,7 kali lebih tinggi dibandingkan tikus yang hanya mengkonsumsi pakan dasar saja (BD). Kadar kolesterol serum darah tikus dengan pakan dasar diketahui sebesar $46,9 \pm 2,8$ mg/dL sedangkan tikus yang mendapatkan tambahan kolin bitartrat mencapai $77,7 \pm 7,1$ mg/dL. Hasil ini memungkinkan penggunaan model tikus *Sprague Dawley* dengan serum darah berkadar kolesterol tinggi sebagai hewan uji dalam riset pangan fungsional antikolesterol.

Kadar kolesterol serum

Kadar kolesterol serum darah tikus yang rendah ($47,3 \pm 2,6$ mg/dL) dijumpai pada kelompok CB, yaitu tikus yang mengkonsumsi pakan berkolesterol tinggi mengandung maltooligosakarida hasil sintesis enzimatis menggunakan enzim amilase *B. licheniformis* BL1. Kadar kolesterol serum darah tikus CB yang 39,1 % lebih rendah dibandingkan tikus CD adalah nilai yang setara dengan kondisi tikus yang sama sekali tidak mendapatkan suplementasi kolin bitartrat (tikus BD) atau dengan kata lain pemberian maltooligosakarida hasil sintesis enzimatis dalam penelitian ini meniadakan efek elevasi kadar kolesterol akibat konsumsi bahan makanan mengandung 2,5 g kolin bitartrat per kg pakan. Seperti halnya tikus CB, tikus CI yang mendapatkan



Gambar 2. Kadar kolesterol serum darah tikus setelah 3 minggu mengkonsumsi pakan dasar (BD), pakan berdampak kolesterol serum tinggi (CD), pakan berdampak kolesterol serum tinggi dengan pemberian 3% (b/b pakan) maltooligosakarida komersial (CI) dan pakan berdampak kolesterol serum tinggi dengan pemberian 3% (b/b pakan) maltooligosakarida hasil sintesis enzimatis pada penelitian ini (CB). Tanda *error bar* menunjukkan nilai *standard error means* (SEM, n=6).



Gambar 3. Kadar glukosa darah tikus setelah 3 minggu mengkonsumsi pakan dasar (BD), pakan berdampak kolesterol serum tinggi (CD), pakan berdampak kolesterol serum tinggi dengan pemberian 3% (b/b pakan) maltooligosakarida komersial (CI) dan pakan berdampak kolesterol serum tinggi dengan pemberian 3% (b/b pakan) maltooligosakarida hasil sintesis enzimatis pada penelitian ini (CB). Tanda *error bar* menunjukkan nilai *standard error means* (SEM, n=6).

maltooligosakarida komersial juga menunjukkan fenomena penurunan kadar kolesterol meskipun hanya sebesar 28,7% saja dengan kadar kolesterol serum sebesar $55,4 \pm 5,1$ mg/dL (Gambar 2).

Kadar glukosa darah

Analisis kadar glukosa darah dilakukan dengan mengukur konsentrasi glukosa yang terdapat dalam serum darah tikus sebelum dilakukan pembedahan pada akhir percobaan. Hasil menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan kadar glukosa darah yang signifikan antara tikus CD ($37,5 \pm 2,5$ mg/dL) dengan tikus CB yang mengkonsumsi maltooligosakarida hasil sintesis

enzimatis *B. licheniformis* BL1 ($35,2 \pm 4,0$ mg/dL). Namun, tikus CI yang mengkonsumsi pakan mengandung maltooligosakarida komersial pada konsentrasi 3% (b/b) menunjukkan terjadinya peningkatan kadar glukosa darah ($50,9 \pm 5,3$ mg/dL) (Gambar 3). Data ini mengindikasikan bahwa pemberian maltooligosakarida hasil sintesis dengan enzim amilase *B. licheniformis* BL1 sampai 3% (b/b) dari pakan masih aman dikonsumsi tanpa adanya resiko peningkatan kadar glukosa darah.

Peningkatan bobot badan dan asupan pakan

Peningkatan bobot badan hewan uji yang

Tabel 1. Peningkatan bobot badan dan asupan pakan selama 3 minggu percobaan.

	Rata-rata $\pm$ SEM*			
	BD	CD	CI	CB
Peningkatan bobot badan (g)	30,7 $\pm$ 3,1 ^a	16,3 $\pm$ 4,1*	27,5 $\pm$ 3,5 ^{***}	27,8 $\pm$ 2,8 ^{o*}
Asupan pakan (g)	246,9 $\pm$ 5,8 ^o	205,9 $\pm$ 8,9*	238,1 $\pm$ 10,0 ^o	220,2 $\pm$ 6,9 ^{***}

*SEM, standard error means (n=6).

Tabel 2. Rata-rata bobot organ vital dan nilai pH isi cecum tikus pada minggu ketiga percobaan.

Organ	Rata-rata $\pm$ SEM*			
	BD	CD	CI	CB
Limpa (g)	0,38 $\pm$ 0,07 ^a	0,32 $\pm$ 0,03 ^a	0,43 $\pm$ 0,05 ^a	0,26 $\pm$ 0,03 ^a
Pankreas (g)	0,39 $\pm$ 0,05 ^a	0,26 $\pm$ 0,03 ^a	0,43 $\pm$ 0,09 ^a	0,30 $\pm$ 0,04 ^a
Hati (g)	5,04 $\pm$ 0,77 ^a	4,98 $\pm$ 0,17 ^a	5,44 $\pm$ 0,22 ^a	4,71 $\pm$ 0,29 ^a
Ginjal (g)	0,96 $\pm$ 0,03 ^{ab}	0,86 $\pm$ 0,03 ^a	1,05 $\pm$ 0,07 ^b	0,88 $\pm$ 0,04 ^{ab}
Jantung (g)	0,54 $\pm$ 0,06 ^a	0,46 $\pm$ 0,05 ^a	0,55 $\pm$ 0,03 ^a	0,47 $\pm$ 0,03 ^a
Paru-paru (g)	0,92 $\pm$ 0,06 ^a	1,09 $\pm$ 0,14 ^a	1,03 $\pm$ 0,08 ^a	0,83 $\pm$ 0,15 ^a
Total cecum (g)	3,10 $\pm$ 0,21 ^a	4,68 $\pm$ 1,10 ^a	3,98 $\pm$ 0,61 ^a	2,80 $\pm$ 0,18 ^a
Dinding cecum (g)	1,36 $\pm$ 0,07 ^a	1,72 $\pm$ 0,25 ^a	1,68 $\pm$ 0,25 ^a	1,20 $\pm$ 0,14 ^a
Isi cecum (g)	1,74 $\pm$ 0,24 ^a	2,96 $\pm$ 0,89 ^a	2,30 $\pm$ 0,38 ^a	1,60 $\pm$ 0,15 ^a
Nilai pH isi cecum	7,12 $\pm$ 0,05 ^a	7,26 $\pm$ 0,05 ^a	6,72 $\pm$ 0,05 ^b	6,69 $\pm$ 0,07 ^b

*SEM, standard error means (n=6).

mengonsumsi pakan yang meningkatkan kolesterol selama 3 minggu diketahui lebih rendah dibandingkan dengan bobot badan tikus kontrol BD. Namun begitu, tidak ditemukan perbedaan yang cukup signifikan antara tikus yang mengonsumsi kedua maltooligosakarida (tikus CI dan CB) dengan tikus CD (Tabel 1). Asupan pakan hewan uji selama tiga minggu percobaan menunjukkan variasi antara tikus CI dan CB, di mana pada tikus CI jumlah asupan pakannya diketahui lebih tinggi dibandingkan dengan tikus CD. Berdasarkan hasil tersebut maka diketahui bahwa rasio peningkatan bobot badan terhadap asupan pakan selama tiga minggu adalah 0,08; 0,12; dan 0,13 masing-masing pada tikus CD, tikus CI dan tikus CB.

Organ vital dan nilai pH cecum tikus

Setelah pembedahan, organ-organ vital tikus dikoleksi dan ditimbang untuk mengetahui efek

pemberian maltooligosakarida pada tikus yang mengonsumsi pakan berkolesterol tinggi terhadap bobot organ limpa, pankreas, hati, ginjal, jantung, paru-paru dan ginjal. Secara keseluruhan meskipun tidak ada perbedaan yang nyata namun terlihat adanya kecenderungan bobot limpa, pankreas, hati, dan ginjal yang lebih tinggi pada tikus CI dibandingkan dengan tikus CD. Namun sebaliknya bobot total cecum, dinding cecum dan isi cecum tikus yang mengonsumsi maltooligosakarida (CI dan CB) diketahui lebih rendah dibandingkan CD (Tabel 2). Perbedaan antara tikus yang diberi perlakuan pakan mengandung maltooligosakarida juga diketahui pada nilai pH isi cecum yang lebih asam pada tikus CI dan CB dibandingkan dengan tikus CD yang tidak mengonsumsi maltooligosakarida. Hasil pengamatan patologis organ-organ vital tersebut menunjukkan

bahwa perlakuan pemberian pakan berkolesterol tinggi tidak mengakibatkan timbulnya lesio jaringan.

PEMBAHASAN

Maltooligosakarida pada pakan yang diberikan ke tikus percobaan pada penelitian ini menunjukkan efek penurunan kadar kolesterol serum darah yang mungkin terjadi akibat perubahan metabolisme lipid. Fenomena ini mirip dengan yang terjadi pada tikus yang mendapatkan sejenis oligofruktosa yang secara signifikan mengubah metabolisme lipid pada hati tikus (Fiordaliso *et al*, 2006). Pemberian pakan mengandung maltooligosakarida hasil sintesis maupun maltooligosakarida komersial yang dilakukan pada penelitian ini sama-sama mampu menghambat peningkatan kadar kolesterol darah tikus, namun diketahui bahwa kadar glukosa mengalami peningkatan setelah konsumsi maltooligosakarida komersial dan uniknya peningkatan kadar glukosa darah tidak terjadi pada tikus yang mengkonsumsi hasil sintesis dengan enzim asal *B. licheniformis* BL1. Perbedaan ini dapat dikaitkan dengan komposisi maltooligosakarida yang masih berupa campuran sakarida yang mengandung oligosakarida, disakarida dan monosakarida. Dengan konsentrasi yang sama, maltooligosakarida hasil sintesis pada penelitian ini secara relatif lebih banyak mengandung oligosakarida dibandingkan dengan maltooligosakarida komersial. Maltooligosakarida komersial sebaliknya lebih banyak mengandung monosakarida dan disakarida (Gambar 1) dalam kondisi siap dipecah oleh enzim pencernaan atau diabsorpsi langsung ke dalam tubuh inang melalui usus. Struktur senyawa sakarida menentukan derajat pencernaan di mana telah diketahui bahwa oligosakarida merupakan senyawa yang tidak dapat dipecah atau dipecah sebagian oleh enzim pencernaan sehingga dapat melintas saluran cerna sampai ke usus besar tempat terjadinya fermentasi senyawa ini oleh mikroba kolon (Hesta *et al*. 2001; Oku *et al*. 1984; Molis *et al*. 1996).

Mekanisme penurunan kadar kolesterol diperkirakan merupakan efek tidak langsung dari pemanfaatan maltooligosakarida di saluran cerna oleh kelompok mikrobiota usus sebagai sumber energi yang mampu menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas yang berhubungan dengan metabolisme lemak tubuh.

Meskipun analisis dinamika populasi mikroba saluran cerna cecum tikus tidak dilaporkan pada penelitian ini, data perubahan nilai pH cecum yang cenderung lebih asam pada hewan uji yang mengkonsumsi maltooligosakarida menunjukkan terjadinya pola fermentasi yang menggambarkan terjadinya dinamika metabolik mikroba. Maltooligosakarida termasuk karbohidrat yang tidak dapat dicerna secara sempurna oleh enzim-enzim pencernaan manusia sehingga sebagian besar lolos masuk ke dalam usus besar tanpa penyerapan di usus kecil. Pada penelitian sebelumnya, bakteri *Bifidobacterium animalis* yang hidup di dalam cecum tikus dipastikan dapat distimulasi pertumbuhannya dengan mudah melalui pemberian oligosakarida (Dinoto *et al*, 2006). Hasil analisis intraseluler, bakteri *B. animalis* yang merupakan mikroba indigen di cecum tikus ini ternyata diketahui memiliki kemampuan mengakumulasi asam kolat ke dalam sel (komunikasi personal dengan Dr. Peter Kurdi), seperti halnya bifidobakteria lainnya (Kurdi *et al*, 2003), sehingga dapat digunakan sebagai perangkat hayati untuk penghilangan asam empedu primer. Fenomena akumulasi asam kolat ke dalam sel oleh kelompok bakteri usus juga dijumpai pada lactobacilli (Kurdi *et al*, 2000). Fenomena kehilangan asam empedu primer seperti asam kolat melalui pengakumulasiannya dalam sel bakteri usus diperkirakan mempengaruhi tubuh sang inang untuk memproduksi kembali asam kolat baru di dalam organ hati untuk proses pencernaan dan penyerapan lemak pada siklus enterohepatik dengan menggunakan kolesterol tubuh sebagai bahan baku. Kajian efikasi akumulasi asam kolat oleh bakteri usus dan penurunan kolesterol masih dalam penelitian intensif untuk melihat peluang pemanfaatan bakteri probiotik dan senyawa prebiotik sebagai agen antikolesterol. Tidak hanya melalui mekanisme pengakumulasi asam kolat ke dalam sel bakteri yang berpotensi mereduksi kolesterol tubuh, bakteri-bakteri usus seperti *Lactobacillus* spp. dan *Bifidobacterium* spp. juga memiliki enzim *bile salt hydrolase* (Tanaka *et al*, 1999) yang diperkirakan juga dapat mereduksi keberadaan garam empedu melalui dekonjugasi garam empedu. Dampaknya, kekurangan garam empedu untuk proses pencernaan dan penyerapan lemak pangan di saluran pencernaan bagian atas menstimulasi

penggunaan kolesterol tubuh untuk sintesis garam empedu baru. Kemampuan reduksi kolesterol oleh bakteri dengan enzim *bile salt hydrolase* tersebut menjadi nilai penting dalam pencarian strain probiotik baru dari alam (Begley *et al.*, 2006).

Terbatasnya konsumsi serat pangan mengakibatkan rendahnya peningkatan bobot badan tikus sampai 40% dibandingkan tikus tikus yang mengkonsumsi maltooligosakarida pada kondisi sama sama mendapatkan sumber makanan yang mengakibatkan peningkatan kadar kolesterol serum. Pemberian maltooligosakarida pada pakan yang menstimulasi kadar kolesterol serum tinggi juga mengindikasikan kecenderungan terjadinya peningkatan asupan pakan bagi hewan uji. Rasio peningkatan bobot badan terhadap asupan pakan sekitar 50-60% pada tikus yang mengkonsumsi maltooligosakarida mengarah pada efisiensi pemberian pakan mengandung serat pangan ini untuk biomasa tubuh tanpa terjadinya peningkatan kadar glukosa darah yang berarti. Konsumsi maltooligosakarida yang tidak meningkatkan kadar glukosa darah merupakan karakteristik menguntungkan bagi penderita penyakit gangguan metabolik seperti kolesterol tinggi, diabetes dan gangguan hati. Tidak adanya efek peningkatan kadar glukosa darah oleh oligosakarida sebelumnya juga telah dikonfirmasi pasca pemberian xilooligosakarida pada tikus model diabetes (Imaizumi *et al.*, 1991) dan pasca pemberian fruktooligosakarida pada orang dewasa penderita diabetes tipe 2 (Alles *et al.*, 1999).

Kecenderungan terjadinya perbedaan bobot organ vital hewan uji meskipun tidak secara nyata seperti cecum pada penelitian mengindikasikan maltooligosakarida mempengaruhi ekofisiologi sistem saluran cerna. Perubahan ukuran usus sebagai efek pemberian senyawa sakarida seperti pektin (Ikegami *et al.*, 1990), glukomanan (Tokunaga *et al.*, 1986), gum arab (Ikegami *et al.*, 1990; McLean *et al.*, 1984)), sodium alginat, gum xanthan (Ikegami *et al.*, 1990), inulin (Levrat *et al.*, 1991b) atau serat pangan asal kedelai (Levrat *et al.*, 1991a). Pemberian sakarida tersebut mempengaruhi kecepatan perlintasan senyawa pangan di saluran cerna, penyerapan mineral, penyerapan air dan penyerapan nutrisi lainnya. Oligosakarida tak

tercerna seperti fruktooligosakarida (Tokunaga *et al.*, 1986), xilooligosakarida (Imaizumi *et al.*, 1991), 4^{α} - β -D-galaktosilsukrosa (Yoneyama *et al.*, 1992) ternyata juga memiliki pengaruh yang mirip terhadap saluran gastrointestinal.

Tidak dijumpainya indikasi patofisiologi pada tikus merefleksikan ketiadaan resiko negatif yang signifikan dari pemberian serat pangan oligosakarida bagi yang mengkonsumsinya. Fakta ini mendukung keamanan penggunaan maltooligosakarida sebagai bahan pengayaan produk makanan dan minuman dengan kualitas pangan fungsional. Pengumpulan fakta-fakta atas efek prebiotik senyawa maltooligosakarida hasil sintesis enzimatis *B. licheniformis* BL1 ini sedang berlangsung saat ini melalui pengamatan ekofisiologi dan dinamika populasi mikrobiota saluran cerna. Secara keseluruhan, penelitian ini tidak hanya menunjukkan kemampuan maltooligosakarida sebagai penurun kolesterol, namun juga memberikan peluang pengembangan produk pangan fungsional berbasis karbohidrat menggunakan bahan baku pati-patian yang melimpah di Indonesia.

KESIMPULAN

Konsumsi maltooligosakarida yang disintesis secara enzimatis menggunakan enzim amylase *B. licheniformis* BL1 pada tikus secara oral sebanyak 30 g per kg pakan selama 3 minggu menunjukkan penurunan kadar Total kolesterol serum sampai 39,1%. Tidak adanya pengaruh terhadap morfologi organ organ vital dan peningkatan kadar glukosa darah pasca konsumsi mengindikasikan bahwa maltooligosakarida aman dikonsumsi dan dapat digunakan sebagai bahan pangan fungsional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai dengan dana DIPA Pemerintah Republik Indonesia di Pusat Penelitian Biologi LIPI. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Joko Sulisty, M. Agr dari Pusat Penelitian Biologi LIPI atas saran dan bantuannya dalam preparasi maltooligosakarida secara enzimatis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali M, S Mhiri, M Mezghani and S Bejar. 2001. Purification and Sequence Analysis of the Atypical Maltohexaose-Forming α -Amylase of the *B. stearothermophilus* US 100. *Enzyme and Microbial Technology* 28, 537-542.
- Alles MS, NM de Roos, JC Bakx, E van de Lidsdonk, PL Zock and G Hautvast. 1999. A Consumption of Fructooligosaccharides Does Not Favorably Affect Blood Glucose and Serum Lipid Concentrations in Patients with Type 2 Diabetes. *American Journal of Clinical Nutrition* 69, 64-69.
- Begley M, C Hill and CGM Gahan. 2006. Bile Salt Hydrolase Activity in Probiotics. *Applied and Environmental Microbiology* 72, 1729 - 1738.
- Dinoto A, A Suksomcheep, S Ishizuka, H Kimura, S Hanada, Y Kamagata, K Asano, F Tomita and A Yokota. 2006. Modulation of Rat Cecal Microbiota by the Administration of Raffinose and Encapsulated *Bifidobacterium breve*. *Applied and Environmental Microbiology* 72, 784-792.
- Doukyu N, W Yamagishi, H Kuwahara and H Ogino. 2008. A Maltooligosaccharide-Forming Amylase gene from *Brachy bacterium* sp. Strain LB25: Cloning and Expression in *Escherichia coli*. *Biosciences Biotechnology and Biochemistry* 72, 2444-2447.
- Fiordaliso M, N Kok, JP Desager, F Goethals, D Deboyser, M Roberfroid and N Delzenne. 2006. Dietary Oligofructose Lowers Triglycerides, Phospholipids and Cholesterol in Serum and Very Low Density Lipoproteins of Rats. *Lipids* 2, 163-167.
- Hesta M, J Debraekeleer, GPJ Janssens and R De Wilde. 2001. The Effect of A Commercial High-Fibre Diet and An Iso-Malto-Oligosaccharide-Supplemented Diet on Post-Prandial Glucose Concentrations in Dogs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 85, 217-221.
- Ikegami S, F Tsuchihashi, H Harada, N Tsuchihashi, E Nishide and S Innami. 1990. Effect of Viscous Indigestible Polysaccharides on Pancreatic-Biliary Secretion and Digestive Organs. *Journal of Nutrition* 120, 353-360.
- Imaizumi K, Y Nakatsu, M Sato, Y Sedarnawati and M Sugano. 1991. Effects of Xylooligosaccharides on Blood Glucose, Serum and Liver Lipids and Cecum Short-chain Fatty Acids in Diabetic Rats. *Agricultural and Biological Chemistry* 55, 199-205.
- Kurdi P, H Tanaka, HW van Veen, K Asano, F Tomita and A Yokota. 2003. Cholic Acid Accumulation and Its Diminution By Short-Chain Fatty Acids in Bifidobacteria. *Microbiology* 149, 2031 - 2037.
- Kurdi P, HW van Veen, H Tanaka, I Mierau, WN Konings, GW Tannock, F Tomita and A Yokota. 2000. Cholic Acid is Accumulated Spontaneously, Driven by Membrane ApH, in Many Lactobacilli. *Journal of Bacteriology* 182, 6525-6528.
- Levrat MA, SR Behr, C RSmésy and C Deminge. 1991a. Effects of Soybean Fiber on Cecal Digestion in Rats Previously Adapted to a Fiber-Free Diet. *Journal of Nutrition* 121, 672-678.
- Levrat MA, C Rimisy and C Demlgné. 1991b. High Propionic Acid Fermentations and Mineral Accumulation in the Cecum of rats Adapted to Different Levels of Inulin. *Journal of Nutrition* 121, 1730-1737.
- McLean RAH, MA Eastwood, WG Brydon, A Busuttill and LF McKay. 1984. A Study of the Effects of Dietary Gum Arabic in the rat. *British Journal of Nutrition* 51, 47-56.
- Mln BC, SH Yoon, JW Kim, YW Lee, YB Kim and KW Park. 1998. Cloning of Novel Maltooligosaccharide-Producing Amylases as Antistaling Agents for Bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46, 779-782.
- Molis, C, B. Flourie, F. Ouarne, MF. Gailing, S. Lartigue, A. Guibert, F. Bornet and JP. Galmiche. 1996. Digestion, Excretion, and Energy Value of Fructooligosaccharides in Healthy Humans. *American Journal of Clinical Nutrition* 64, 324-328.
- Momma M. 2000. Cloning and Sequencing of the Maltohexaose-producing Amylase Gene of *Klebsiella pneumoniae*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 64, 428-431.
- Nagarajan D, G Rajagopalan and C Krishnan. 2006. Purification and Characterization of A Maltooligosaccharide-Forming Alpha-Amylase from A New *Bacillus subtilis* KCC103. *Applied Microbiology and Biotechnology* 73, 591-597.
- Nakakuki T. 2003. Development of Functional Oligosaccharides in Japan. *Trend in Glycoscience and Glycotechnology* 15, 57-64.
- Okemoto H, S Kobayashi, M Momma, H Hashimoto, K Hara and K Kainuma. 1986. Isolation and Cultivation of A Novel Microorganism Producing A Maltopentaose-Forming Enzyme. *Applied Microbiology and Biotechnology* 25, 137-142.
- Oku T, T Tokunaga T and N Hosoya. 1984. Nondigestibility of A New Sweetener, "Neosugar," in the Rat. *Journal of Nutrition* 114, 1574-1581.
- Rycroft CE, MR Jones, GR Gibson and RA Rastall. 2001. A Comparative *In Vitro* Evaluation of the Fermentation Properties of Prebiotic Oligosaccharides. *Journal of Applied Microbiology* 91, 878-887.
- Sakuma K. 2002. Molecular Mechanism of the Effect of Fructooligosaccharides on Calcium Absorption. *Bioscience Microflora* 21, 13-20.
- Takasaki Y. 1985. An Amylase Producing Maltotriose from *Bacillus subtilis*. *Agricultural and Biological Chemistry* 49, 1091-1097.
- Takasaki Y, M Kitajima, T Tsuruta, M Nonoguchi, S Hayashi and K Imada. 1991. Maltotriose-Producing Amylase from *Microbacterium imperiale*. *Agricultural and Biological Chemistry* 55, 687-692.
- Tanaka H, K Doesburg, T Iwasaki and I Mierau. 1999. Screening of Lactic Acid Bacteria for Bile Salt Hydrolase Activity. *Journal of Dairy Science* 82, 2530-2535.
- Tokunaga T, T Oku and N Hosoya. 1986. Influence of Chronic Intake of New Sweetener Fructooligosaccharide (Neosugar) on Growth and Gastrointestinal Function of the Rat. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 32, 111-121.
- Yoneyama M, T Mandai, H Aga, K Fujii, S Sakai, T Shintani, K Mou and Y Katayama. 1992. Effect of Lactosucrose Feeding on Cecal pH, Short-Chain Fatty Acid Concentration and Microflora in Rats. *Nippon Etyo Shokuryo Gakkaishi* 45, 109-115.