



ISSN 0126-1754

Volume 9, Nomor 2, Agustus 2008

Terakreditasi Peringkat A
SK Kepala LIPI

Nomor 14/Akred-LIPI/P2MBI/9/2006

Berita Biologi

Jurnal Ilmiah Nasional



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 pekaryat-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, Marlina Ardiyani, Tukirin Partomihardjo

Desain dan Komputerisasi

Muhamad Ruslan, Yosman

Sekretaris Redaksi/Korespondensi Umum

(berlangganan, surat-menyurat dan kearsipan)

Enok, Ruswenti, Budiarjo

Pusat Penelitian BiologiLIPI

Kompleks Cibinong Science Centre (CSC-LIPI)

Jin Raya Jakarta-Bogor Km 46,
Cibinong 16911, Bogor - Indonesia
Telepon (021) 8765066 - 8765067
Faksimili (021) 8765063
Email: herbogor@indo.net.id
ksama_p2biologi@yahoo.com

Cover depan: *Keanekaragaman hayati Taman Nasional Kelimutu di Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur, seperti direpresentasikan oleh jenis/spesies tumbuhan dan jamur; juga burung endemiknya, dan Danau Kelimutu dengan tiga warnanya, sesuai makalah di halaman 185194. (Foto: Koleksi LDPI-Balai Taman Nasional Kelimutu, Departemen Kehutanan RI H Wiriadinata, Sudaryanti, AH Wawo dan G Soebiantoro).*



LIPI

Berita

Biologi

Jurnal Ilmiah Nasional

ISSN 0126-1754

Volume 9, Nomor 2, Agustus 2008

Terakreditasi A

SK Kepala LIPI

Nomor 14/Akred-LIPI/P2MBI/9/2006

**Diterbitkan oleh
Pusat Penelitian Biologi - LIPI**

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.
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 dan sebagainya).
 - Ilmu serumpun dengan biologi: pertanian, kehutanan, peternakan, perikanan air tawar dan biologi kelautan, agrobiologi, limnologi, agro bioklimatologi, 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, ditulis miring, isi singkat, padat yang pada dasarnya menjelaskan masalah dan hasil temuan. Hasil dipisahkan dari Pembahasan.
8. Pola penyusunan makalah: spasi ganda (kecuali abstrak), pada kertas berukuran A4 (70 gram), maksimum 15 halaman termasuk gambar/foto; pencantuman Lampiran seperlunya.
 Gambar dan foto: harus bermutu tinggi, gambar pada kertas kalkir (bila manual) dengan tinta cina, berukuran kartu pos; foto berwarna, sebutkan programnya bila dibuat dengan komputer.
9. 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 secara elektronik. Jika memungkinkan, kirim juga filenya melalui alamat elektronik (E-mail) Berita Biologi: herbogor@indo.net.id dan ksama_p2biologi@yahoo.com
10. Cara penulisan sumber pustaka: tuliskan nama jurnal, buku, prosiding atau sumber lainnya secara lengkap, jangan disingkat. Nama inisial 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 Littay (Penyunting), 769-777. Perhimpunan Biologi Indonesia.
 - d. Makalah sebagai bagian dari buku
 Leegood RC and DA Walker. 1993. Chloroplast and Protoplast. Dalam: Photosynthesis and Production in a Changing Environment. DO Hall, JMO Scurlock, HR Bohlar Nordenkampf, RC Leegood and SP Long (Eds), 268-282. Chapman and Hall. London.
11. Kirimkan makalah serta copy file dalam CD (lihat butir 9) ke Redaksi. Sertakan alamat Penulis yang jelas, juga meliputi nomor telepon (termasuk HP) yang mudah dan cepat dihubungi dan alamat elektroniknya.

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 Karna Radjasa (*Universitas Diponegoro*)

Mikologi

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

Genetika

Prof Dr Alex Hartana (*Institut Pertanian Bogor*)
Dr Warid Ali 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 Johannis P Mogeia (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Juniati Peggie (*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 Sunarno (*Badan Tenaga Atom Nasional*)
Dr I Made Sudiana (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Nurlina Bermawie (*BB Litbang Tanaman Rempah dan Obat-Deptan*)
Dr Sudarmono (*Pusat Konservasi Tumbuhan-LIPI*)
Dr Yusnita Said (*Universitas Lampung*)

Bioteknologi

Dr Adi Santoso (*Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI*)
Dr Andi Utama (*Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI*)
Dr Nyoman Mantik Astawa (*Universitas Udayana*)

Veteriner

Prof Dr Fadjar Satrija (*Institut Pertanian Bogor*)

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 Adrian (*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 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 Ali (*Pusat Penelitian Limnologi-LIPI*)
Dr Rudhy Gustiano (*Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar-DKP*)

Biologi Tanah

Dr Joeni Setijo Rahajoe (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr. Laode Alhamd (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
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
9(2) - Agustus 2008

Dr. Andria Agusta - Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Dr. Bambang Sunarko - Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Dr. B Paul Naiola - Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Dwi Setyo Rini, SSi, MSi - Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Dr. Endang Tri Margawati - Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI
Dr. Gayuh Rahayu - Jurusan Biologi-FMIPA IPB
Prof. (Ris.) Dr. Johanis P Moge - Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Dr. Kartini Kramadibrata - Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Dr. Kusumadewi Sri Yulita - Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Prof. Dr. Drh. Fachrijan H Pasaribu - Kedokteran Hewan-IPB
Drs. Haryono, MSi - Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Dr. Iwan Saskiawan - Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Dr. Sunaryo - Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Dr. Usep Sutisna - Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI
Dr. Yuyu Suryasari Poerba - Pusat Penelitian Biologi-LIPI

DAFTAR ISI

REKAMAN BARU (NEW RECORD)**A NEW RECORD OF *Gunda ochracea* Walker (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE)
FROM GUNUNG HALIMUN-SALAK NATIONAL PARK****[Rekaman Baru *Gunda ochracea* Walker (Lepidoptera: Bombycidae)
dari Taman Nasional Gunung Halimun-Salak, Jawa Barat]*****Hari Sutrisno*.....113****TINJAUAN ULANG (REVIEW)****KILAS BALIK PENELITIAN KROMOSOM PALEM INDONESIA****[Chromosome Research Flashback of Indonesian Palms]*****Joko Ridho Witono*.....115****MAKALAH HASIL RISET (ORIGINAL PAPERS)****PEMANFAATAN KONSORSIUM BAKTERI LOKAL UNTUK BIOREMEDIASI LIMBAH
TEKSTIL MENGGUNAKAN SISTEM KOMBINASI ANAEROBIK-AEROBIK****[The Utilizing of Local Bacteria Consortia for Bioremediation of Textile Wastewater
Under Combined Anaerobic-Aerobic System]*****I Dewa K Sastrawidana, Bibiana W Lay, Anas Miftah Fauzi dan Dwi Andreas Santosa*123****SISTEM PENYERBUKAN ALTERNATIF *Talinum triangulare* Willd.: EFEK PERLAKUAN
PENYERBUKAN PADA AKTIFITAS BUNGA DAN PEMBENTUKAN BIJI****[Alternative Pollination System of *Talinum triangulare* Willd.: Effects of Pollination Treatments
on Flower Activities and Seed Setting]*****Erlin Rachman*.....133****OPTIMASI PRODUKSI FRUCTOSYLTRANSFERASE OLEH *Aspergillus* sp. WN1C****[The Optimization of Fructosyltransferase Production by *Aspergillus* sp. WN1C]*****Aris Toharisman, Triantarti dan Hendro Santoso Maranteso*.....139****DIVERSITAS DAN PROFIL METABOLIT SEKUNDER JAMUR ENDOFIT YANG DIISOLASI
DARI TUMBUHAN GAMBIR (*Uncaria gambier*) SERTA AKTIVITAS BIOLOGISNYA
SEBAGAI ANTIBAKTERI****[Diversity and Secondary Metabolites Profiles of Endophytic Fungi Isolated from Gambir
(*Uncaria gambier*) Plants and Their Biological Activities as Antibacteria]*****Yuliasri Jamal, Muhamad Ilyas, Atit Kanti dan Andria Agusta*.....149****ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA ANTIBAKTERI MINYAK ATSIRI DAUN
KEMBANG BULAN (*Tithonla diversifolia* (Hemsley) A. Gray)****[Isolation and Identification of Antibacterial Compounds from the Essential Oil of Japanese
Sunflower (*Tithonla Diversifolia* (Hemsley) A. Gray Leaves)]*****Hartati Soetjipto, Lusiawati Dewi dan Sentot Adi Prayitno*.....155****KAJIAN FEKUNDITAS DAN DAYA TETAS TELUR IKAN BETUTU (*Oxyeleotris marmorata*)
PADA WADAH PEMIJAHAN YANG BERBEDA****[The Assessment of Fecundity and Hatching Rate of Sand Goby (*Oxyeleotris marmorata*) Eggs
on Different Spawning Ground]*****Sri Karyaningsih*.....163****KEANEKARAGAMAN DAN DAYA DEGRADASI SELULOSA JAMUR TANAH DI HUT AN
BEKAS TERBAKAR WANARISSET-SEMBOJA, KALIMANTAN TIMUR****[Soil Fungi Biodiversity of Postburning Forest in Wanariset-Semboja, East Kalimantan
and Their Capability in Cellulotic Degradation]*****Suciatmih*.....169**

PERBANDEVGAN EKSPRESI mRNA STTOKIN ANTARA DOMBA EKOR-TTPIS DAN MERINO YANG DIINFEKSI <i>Fasciola gigantica</i> [Comparison of Cytokine mRNA Expression between Indonesian Thin-Tailed and Merino Sheep during Infection with <i>Fasciola gigantica</i>] Ening Wiedosari.....	177
FLORA GUNUNG KELIMUTU DAN GUNUNG KELIBARA TAMAN NASIONAL KELIMUTU, PULAU FLORES, NUSA TENGGARA TIMUR [Flora of Mt. Kelimutu and Mt. Kelibara Kelimutu National Park, Flores Island, Lesser Sunda Islands] Harry Wiriadinata. dan Albert H Wawo.....	185
KEANEKARAGAMAN JENIS BEGONIA (<i>Begoniaceae</i>) LIAR DIJAWA BARAT [Biodiversity of Wild <i>Begonia</i> in West Java] Deden Girmansyah.....	195
VAKSINASI DINI <i>Bordetella bronchiseptica</i> PADA ANAK BABI MENCEGAH KERUSAKAN SEL-SEL EPITEL BERBULU GETAR PADA MUKOSA SALURAN NAFAS BAGIAN ATAS [Early Vaccination of <i>Bordetella bronchiseptica</i> to Sucking Piglets in Protecting the Damage of Ciliated Epithelium Cells of Upper Respiratory Tract Mucous] Siti Chotiah.....	205
PERKECAMBAHAN DAN VIGOR SEMAI <i>Plcrasma javantca</i> Blume PADA BERBAGAI SUHU [Germination and Seedling Vigour of <i>Plcrasma javantca</i> Blume at Various Temperatures] Hadi Sutarno dan Ning Wikan Utami.....	213
PENGARUH PERLAKUAN AWAL UMBI DAN APLIKASI MEDIA TANAM TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL LEMPUYANG GAJAH {<i>Ztngiber zerumbet</i> (L.) J.E. Smith} [Effect of Pretreatment and Growth Media on the Growth and yield of Lempuyang Gajah {<i>Ztngiber zerumbet</i> (L.) J.E. Smith}] Sri Budi Sulianti.....	219
<u>KOMUNIKASI PENDEK (SHORT COMMUNICATION) MAKALAH HASIL RISET</u>	
PENGARUH MEDIA TUMBUH TERHADAP PERKECAMBAHAN BUI TANAMAN LO [<i>Filcus racemoca</i> L. var. <i>elongata</i> (King) Barrer} [The Effect of Gwoth Media on Seed Germination of Lo {<i>Ficus racemoca</i> L. var. <i>elongata</i> (King) Barrer} Solikin.....	225

OPTIMASI PRODUKSI FRUCTOSYLTRANSFERASE OLEH *Aspergillus* sp. WNIC¹ [The Optimization of Fructosyltransferase Production by *Aspergillus* sp WNIC]

Aris Toharisman^{13*}, Triantarti dan Hendro Santoso Marantesa

Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI)

Jalan Pahlawan No. 25

Pasuruan 67126, Jawa Timur

* e-mail: atoharis@yahoo.com

ABSTRACT

Fructo Oligo Saccharides (FOS) are considered as biologically benefit, have been developed recently to be used as functional factors in healthy foods. FOS shows low cariogenicity, nondigestibility and proliferation of bifidobacteria in human intestinal tract and dietary fiberlike action. The aim of this research is to produce FOS from sucrose by using fructosyltransferase (FT-ase) from *Aspergillus* sp. Research on the production of FOS was the optimization of FT-ase production. Inoculum of selected *Aspergillus* was added into medium with various composition and incubation conditions. Enzyme solution was mixed with sucrose and incubated at various times, pHs, temperatures and agitations. The best parameter condition was based on the highest FT-ase activity. The results showed that production of FT-ase was affected by fermentation time, pH and incubation temperature. The carbon source tested permitted good growth and enzyme production where sucrose supported rather good enzyme production. It was obvious that enzyme production was not closely correlated with cell growth. The best fructo-oligosaccharide yield (20.53%) was achieved when 20 g/100 ml sucrose was utilized. Yeast extract was good nitrogen source for enzyme production. The best FT-ase activity was achieved when 1.2 g/100 ml yeast extract was utilized. Addition of mineral salt also enhanced enzyme production where 1 g/l magnesium salt gave the best cell growth and enzyme production.

Kata kunci: Sukrosa, fruktooligosakarida, fruktosiltransferase, pemanis alternative.

PENDAHULUAN

Di Indonesia, diversifikasi tebu belum banyak berkembang, sementara di negara-negara penghasil gula lainnya, lebih dari 50 produk berbasis tebu telah berkembang pesat seperti asam amino, vitamin, asam-asam organik, pelarut, polimer, protein, pemanis, enzim, alkohol, silase, selulosa, *biodegradable plastic*, *biopulping*, *biobleaching* dan sebagainya. Potensi Indonesia dengan total penduduk lebih dari 200 juta merupakan pasar yang sangat menjanjikan bagi produk hasil olahan ko-produk tebu. Pengembangan ko-produk juga akan berdampak positif dalam penyerapan lapangan kerja dan pembangunan ekonomi nasional khususnya bagi substitusi produk-produk impor seperti fruktooligosakarida (FOS). Produksi FOS merupakan peluang bagi diversifikasi produk sukrosa yang dapat meningkatkan nilai tambah (Curtin, 1983 ; Day *et al.*, 2001; Bekers *et al.*, 2002; Behvaran *et al.*, 2003). FOS memiliki prospek yang cerah di Indonesia, karena alasan pasar dan produksi. Kebutuhan FOS dalam negeri cukup besar dan cenderung semakin bertambah, namun belum bisa dipenuhi dari produksi

lokal. Selama ini kebutuhan FOS dalam negeri masih diimpor dengan harga sekitar Rp 1 juta per kg. Barreteau *et al.* (2006) menambahkan dari sekitar US\$ 33 milyar pangsa pasar pangan fungsional saat ini, sebagian besar didominasi oleh oligosakarida seperti FOS. Produksi FOS relatif mudah dan bisa diterapkan oleh industri dengan teknologi menengah. Di beberapa negara maju, konsumsi FOS rata-rata sekitar 2 g sampai 8 g per orang per hari. Apabila jumlah penduduk Indonesia 220 juta dan diasumsikan konsumsi FOS hanya sekitar 10% saja dari negara maju atau cuma 0,2 g per hari, maka kebutuhan FOS diperkirakan mencapai 40 ton atau setara dengan Rp 44 milyar sehari.

Ditinjau dari aspek teknologi, pembuatan FOS secara enzimatis relatif mudah dan bisa diterapkan di Indonesia. Sukrosa direaksikan dengan FTase pada waktu dan kondisi tertentu akan berubah menjadi FOS. Selanjutnya FOS yang dihasilkan dimurnikan atau dikonsentrasikan menjadi pemanis alternatif. FOS menguntungkan bagi kesehatan karena bersifat non kariogenik, berkalori rendah, bersifat anti kanker, anti mikroba dan anti pengeroposan tulang, serta dapat

^KDiterima: 22 April 2008 - Disetujui: 25 Mei 2008

menstimulasi pertumbuhan mikroflora yang menguntungkan di dalam usus. FOS dapat diaplikasikan dalam aneka produk pangan seperti permen, krim, roti, minuman, produk-produk susu, pakan dan juga industri farmasi (Yun *et al.*, 1997a; Kaplan dan Robert, 2003). FOS dihasilkan dengan cara memotong-motong inulin yaitu FOS dengan gugus fruktosil yang panjang, yang dihasilkan dari berbagai tanaman seperti asparagus, gulabit, dan bawangmerah (Huang *et al.*, 2001; Ghazi *et al.*, 2005). Pemotongan inulin bisa dilakukan secara kimiawi maupun menggunakan enzim *endoinulinase* yang dihasilkan tanaman maupun mikroba. Namun ekstraksi inulin dari tanaman yang merupakan langkah pertama produksi FOS relatif sulit, hasilnya relatif rendah dan sangat dipengaruhi iklim (Yun, 1996; Sangeetha *et al.*, 2005). Selain itu FOS dapat diproduksi dari sukrosa dengan bantuan enzim *fruktosiltransferase* (FTase, E.C. 2.4.1.9). FTase dihasilkan dari bakteri, yeast, jamur dan beberapa tanaman (Kim *et al.*, 2001; van Hijum *et al.*, 2002). Penggunaan FTase fungi lebih banyak disukai karena tidak tergantung iklim, serta aktivitas enzim yang dihasilkan umumnya relatif tinggi (Vankova *et al.*, 2005).

Produksi FOS dari sukrosa berkisar antara 20-50%. Untuk setiap kg sukrosa dihasilkan sekitar 200-500 g FOS (Han *et al.*, 2005; Park dan Pastores, 2006). Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi fruktooligosakarida (FOS) dari sukrosa dengan menggunakan enzim fruktosiltransferase (FTase) yang dihasilkan oleh mikroba hasil isolasi. Keluaran yang diharapkan adalah parameter kondisi optimum produksi fruktooligosakarida (FOS) dari sukrosa dengan menggunakan enzim FTase pada skala laboratorium.

BAHAN DAN METODA

Bahan dan Peralatan

Dalam penelitian ini digunakan isolat Wonolangan 1C (WN1C) yang merupakan hasil isolasi dan seleksi pada penelitian sebelumnya (Santoso ; Triantarti dan Toharisman, 2007). Bahan kimia yang digunakan adalah fruktooligosakarida standar, kalium dihidrogen fosfat, dikalium hidrogen fosfat, dinitro salisilat (DNS), etanol, amonium sulfat, asam sulfat, asam sitrat, Carboxy Methyl Cellulose (CMC), natrium

hidroksida, cation-anion exchanger, natrium klorida, amonium klorida, natrium nitrat, magnesium sulfat, sukrosa, glukosa, fruktosa, ekstrak ragi dan agar-agar.

Peralatan yang digunakan adalah High Performance Liquid Chromatography (HPLC-Shimadzu LC 6A), Refractive Index Detector Perkin Elmer, Beckman centrifuge, Spektrofotometer, autoclave, pH meter dan beberapa peralatan gelas laboratorium seperti erlenmeyer, beaker glass dan pipet.

Metodologi dan Analisis Laboratorium

Proses fermentasi untuk produksi enzim FTase

Fermentasi *Aspergillus niger*

Tahapan proses fermentasi *A.niger* untuk memproduksi enzim FTase dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

Tahap Pembibitan

Sebanyak 1 - 2 ose isolat diambil dari agar miring kemudian dimasukkan ke dalam 100 ml media dengan komposisi (Hidaka *et al.*, 1988), sukrosa (200 g/L), yeast extract (12 g/L), CMC (2 g/L), magnesium sulfat (2 g/L) dan pH 6,5. Kemudian diagitasi pada 200 rpm dalam kondisi suhu ruang selama 18 jam. Larutan media yang dihasilkan dari tahap ini digunakan sebagai inokulum untuk fermentasi.

Tahap fermentasi

Sebanyak 10 ml inokulum hasil dari tahap pembibitan dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 90 ml media dengan komposisi: sukrosa (200 g/L), yeast extract (12 g/L), dikalium hydrogen fosfat (4 g/L), kalium dihidrogen fosfat (9 g/L) dan pH 6,5. Kemudian diagitasi pada 200 rpm dalam kondisi suhu ruang selama 24 jam. Larutan media (broth) yang dihasilkan dari tahap ini lalu dipisahkan dari sel sel mikroba dengan cara sentrifugasi dan penyaringan. Larutan broth yang berisi enzim diuji aktivitasnya.

Uji aktivitas enzim FTase

Sebanyak 10 ml larutan broth yang mengandung enzim ditambahkan ke dalam 20 ml larutan Buffer pH 6,0 dan 2 gram sukrosa, lalu diinkubasi selama 2 jam pada suhu 50°C. Selesai inkubasi panaskan pada 100°C selama 5 menit. untuk menginaktivasi enzim. Sebagai blanko digunakan 10 ml broth fermentasi kemudian langsung dipanaskan pada 100° C selama 5 menit. Aktivitas FTase ditentukan berdasarkan hidrolisa sukrosa.

Analisis FOS dengan HPLC

Gula hasil hidrolisa dianalisis dengan HPLC Shimadzu LC 6 pada suhu kamar. Volume sampel sebanyak 20 μ l dengan laju alir eluen sebesar 1 ml/menit. Sebagai fase gerak digunakan asetonitril 65% (v/v) dan kolom yang digunakan adalah Waters *carbohydrate column* yang mengandung fase diam amina (Bergeron *et al.*, 2000; Huang *et al.*, 2001). Detektor yang dipakai adalah Refractive Index Detector Perkin Elmer Series 200 dan program pengolahan data Peak Simple Coml. Satu unit aktivitas FT-ase dinyatakan sebagai jumlah enzim yang mampu menghasilkan 1 μ mol FOS dari sukrosa selama 1 menit. Isolat yang terpilih untuk dipakai dalam produksi FOS adalah isolat yang menghasilkan aktivitas FT-ase tertinggi.

Optimasi produksi FT-ase dari isolat terpilih

Penentuan pengaruh lama fermentasi terhadap aktivitas FT-ase.

Perlakuan waktu fermentasi yang digunakan dalam percobaan ini terdiri dari 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam dan 120 jam.

Penentuan pengaruh pH terhadap aktivitas FT-ase.

Dalam kajian ini perlakuan buffer pH terdiri dari 3,22, 3,54, 4,24, 4,84, 5,61, 6,51 dan 7,41.

Penentuan pengaruh suhu terhadap aktivitas FT-ase.

Dalam percobaan in suhu yang digunakan adalah 40°C, 50°C, 60°C dan 70°C.

Penentuan variasi sumber karbon dalam media fermentasi dan pengaruhnya terhadap aktivitas FT-ase.

Dalam percobaan ini digunakan sukrosa sebagai sumber karbon dengan variasi perlakuan dalam media fermentasi yaitu 5 g/100 ml, 10 g/100 ml, 15 g/100 ml dan 20 g/100 ml.

Penentuan variasi sumber nitrogen dalam media fermentasi dan pengaruhnya terhadap aktivitas FT-ase.

Ekstrak ragi sebagai sumber nitrogen ditambahkan dalam media fermentasi dengan variasi perlakuan yaitu 0,4 g/100 ml, 0,8 g/100 ml, 1,0 g/100 ml dan 1,2 g/100 ml.

Penentuan variasi garam magnesium dalam media fermentasi dan pengaruhnya terhadap aktivitas FT-ase.

Dalam percobaan ini penambahan variasi ion magnesium dalam media fermentasi yaitu 0,25, 0,50, 0,75, 1,0, 2,0 dan 4 g/L. Sedangkan variasi waktu fermentasi adalah 12 jam, 24 jam dan 36 jam.

HASIL

Pengaruh waktu fermentasi terhadap aktivitas FT-ase.

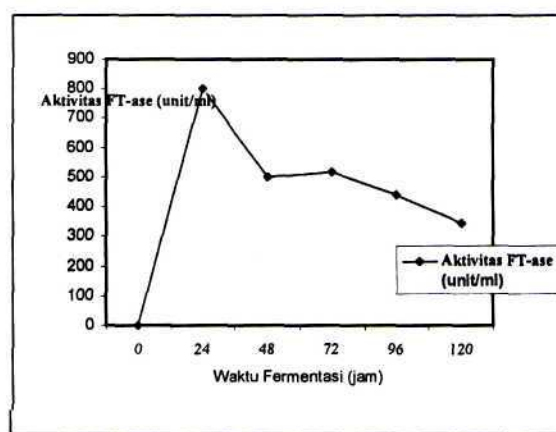
Hasil percobaan pengaruh waktu fermentasi terhadap aktivitas FT-ase disajikan pada gambar 1.

Pengaruh pH terhadap aktivitas enzim FT-ase.

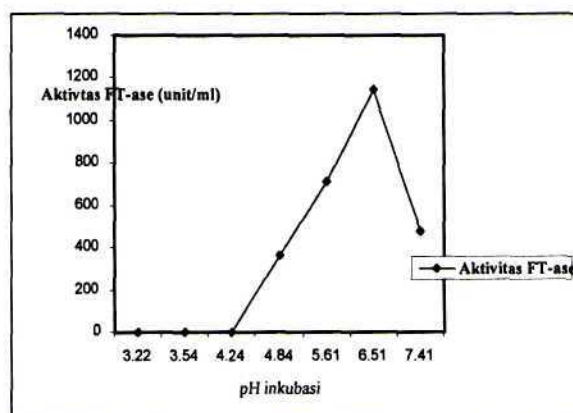
Hasil percobaan pengaruh pH terhadap aktivitas FT-ase disajikan pada Gambar 2.

Pengaruh suhu inkubasi terhadap aktivitas enzim FT-ase

Pada Gambar 3 disajikan hasil kajian pengaruh perlakuan variasi suhu terhadap aktivitas FT-ase. Isolat



Gambar 1. Pengaruh waktu fermentasi terhadap aktivitas FT-ase



Gambar 2. Pengaruh pH inkubasi terhadap aktivitas FT-ase

yang digunakan adalah *A.niger* WNI C dengan lama inkubasi 2jam padapH6,0.

Pengaruh sumber karbon terhadap aktivitas FT-ase

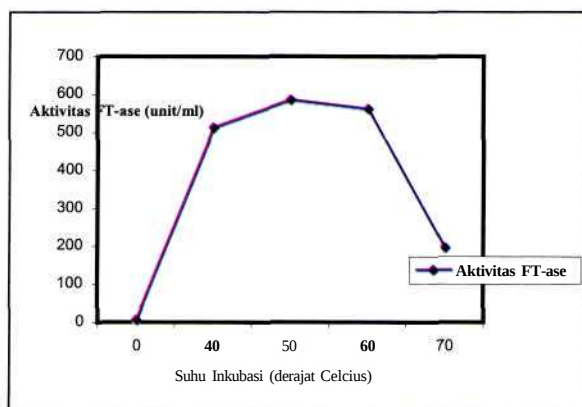
Disajikan pada Gambar 4 bagaimana perlakuan sumber karbon dalam media fermentasi terhadap aktivitas FT-ase dan aktivitas invertase. Pada percobaan ini sebagai sumber karbon digunakan sukrosa dengan variasi perlakuan 5, 10, 15 dan 20 g/ 100 ml.

Pengaruh sumber nitrogen terhadap aktivitas FT-ase

Pada Tabel 1 disajikan data pengaruh perlakuan variasi sumber nitrogen dalam media fermentasi terhadap aktivitas FT-ase.

Pengaruh ion magnesium terhadap aktivitas FT-ase

Data pengaruh perlakuan variasi ion Mg dalam media fermentasi terhadap aktivitas FT-ase disajikan pada Gambar 6.



Gambar3. Pengaruh pH inkubasi terhadap aktivitas FT-ase

Pada Tabel 2 disajikan aktivitas invertase pada variasi perlakuan dosis Ion Magnesium yang ditambahkan dalam media fermentasi dan perlakuan lama fermentasi.

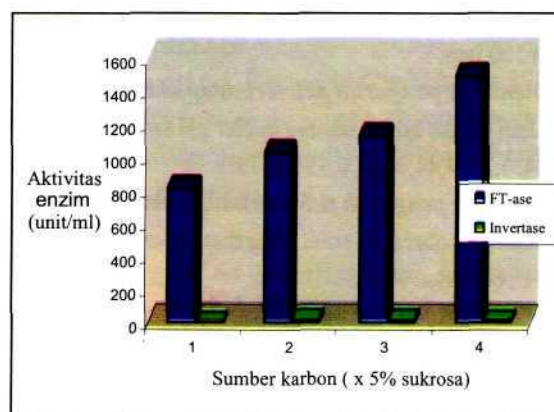
Pengaruh lama fermentasi terhadap aktivitas enzim FT-ase, aktivitas invertase, pH, berat sel dan brix pada perlakuan ion magnesium sebesar 1 g/l disajikan pada Tabel 3.

PEMBAHASAN

Optimasi produksi FT-ase

Pengaruh waktu fermentasi terhadap aktivitas FT-ase

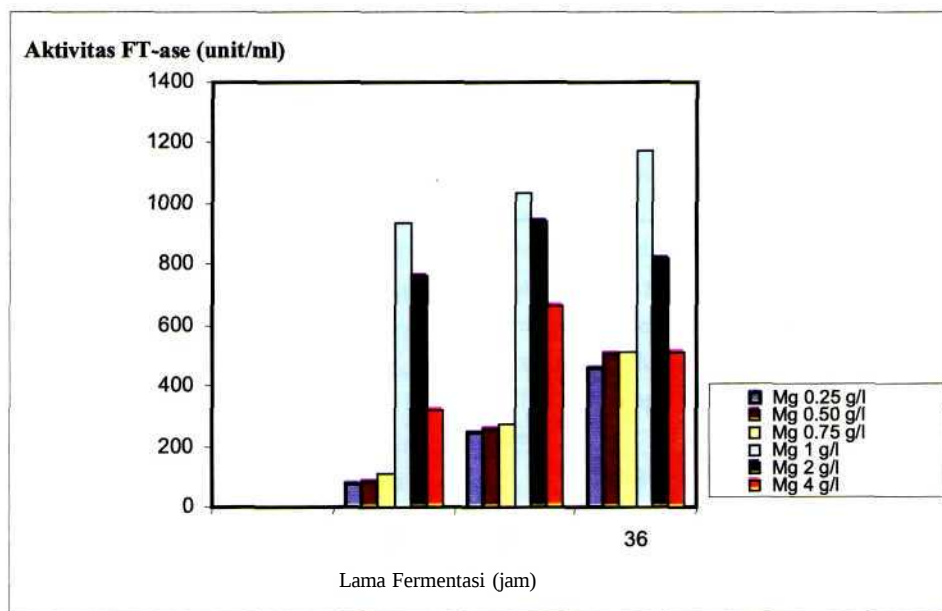
Lama fermentasi berpengaruh terhadap aktivitas enzim FT-ase yang terbentuk. Pada Gambar 1 terlihat bahwa pada 24 jam fermentasi mikroba sudah mampu menghasilkan enzim FT-ase dengan aktivitas sebesar



Gambar4. Pengaruh sumber karbon terhadap Aktivitas FT-ase dan invertase

Tabel 1. Pengaruh sumber nitrogen dalam media fermentasi terhadap aktivitas FT-ase

Perlakuan sumber nitrogen (ekstrak ragi) (g/100 ml)	KadarFOS (g/100ml)	Yield (%)	Aktivitas FT-ase (unit/ml)
1,2	3,15	10,88	788,29
1,0	2,98	10,29	745,75
0,8	2,83	9,76	708,21
0,4	2,24	7,74	560,56



Gambar 6. Pengaruh Mg dalam media Fermentasi terhadap aktivitas FT-ase.

Tabel 2. Pengaruh magnesium dalam media fermentasi terhadap aktivitas Invertase.

Dosis magnesium (g/l)	Kadar glukosa+fruktosa (g/l 100ml)	Aktivitas invertase (unit/ml)
Fermentasi 12 jam		
0,25	2,39	59,81
0,50	4,97	124,37
0,75	0,96	24,12
1	1,72	43,04
2	1,05	26,37
4	1,44	36,04
Fermentasi 24 jam		
0,25	2,39	59,71
0,50	2,92	73,12
0,75	1,29	32,31
1	19,77	494,74
2	11,24	281,28
4	2,97	74,32
Fermentasi 36 jam		
0,25	2,39	59,81
0,50	0,60	14,96
0,75	0,86	21,61
1	18,8	470,47
2	4,86	121,62
4	2,91	72,82

Keterangan: Strain yang digunakan adalah WNIC, inkubasi pada suhu 50°C pH 6,5 dan waktu inkubasi 2 jam, Data merupakan rerata dari 2 ulangan percobaan,

Tabel 3. Pengaruh lama fermentasi terhadap aktivitas FT-ase, invertase, pH, berat sel dan brix pada perlakuan penambahan magnesium 1 g/l.

Perlakuan lama fermentasi (Jam)	Aktivitas invertase (unit/ml)	Aktivitas FT-ase (unit/ml)	pH larutan fermentasi	Berat sel (g/100ml)	Brix
0	0	0	6,65	0	21,8
12	43,04	933,43	6,27	0,134	21,7
24	494,74	1036,04	5,58	0,141	21,6
36	470,47	1176,17	5,33	0,329	21,6
48	573,32	973,47	4,82	0,497	21,6
72	557,81	968,47	4,64	0,498	19,9

Keterangan: Strain yang digunakan adalah WNIC, penambahan 1 g/L Mg, inkubasi pada suhu 50°C pH 6,5 dan waktu inkubasi 2 jam, Data merupakan rerata dari 2 ulangan percobaan,

800 Unit/ml. Namun pada 48 jam sampai dengan 120 jam fermentasi terjadi penurunan aktivitas enzim FT-ase yang sangat tajam (Gambar 1). Hasil ini dapat dijadikan acuan dalam menentukan waktu terbaik untuk mengakhiri fermentasi *A. niger* di mana broth fermentasi mengandung enzim FT-ase dengan aktivitas tinggi, Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada lama fermentasi 24 jam isolat mampu menghasilkan aktivitas enzim FT-ase tertinggi dibandingkan perlakuan waktu fermentasi lainnya,

Pengaruh pH terhadap aktivitas enzim FT-ase

Walaupun *A. niger* tumbuh dengan baik pada pH 5,5 namun aktivitas tertinggi FT-ase yang dihasilkan dicapai pada pH 6,51 (1145 Unit/ml). Di atas pH tersebut, aktivitas FT-ase turun dengan tajam menjadi 477,5 Unit/ml (Gambar 2). Hasil yang sama disampaikan oleh Ghazi *et al.* (2006) dan Huang *et al.* (2001) yang meneliti pengaruh pH inkubasi terhadap aktivitas FT-ase dalam sel yang dipisahkan dari larutan broth, Dalam hal ini penambahan buffer sangat penting untuk mempertahankan pH yang diinginkan, Selain kondisi pH dan penambahan buffer, pemberian magnesium juga sangat berpengaruh dalam peningkatan aktivitas enzim FT-ase, Hal ini dikemukakan oleh Jung *et al.* (1987) bahwa magnesium berpengaruh terhadap pembentukan FT-ase baik intraseluler maupun

ekstraseluler dan dapat meningkatkan aktivitas FT-ase yang dihasilkan.

Pengaruh suhu inkubasi terhadap aktivitas enzim FT-ase

Gambar 3 memperlihatkan pengaruh suhu inkubasi terhadap aktivitas FT-ase. Pada suhu 50°C aktivitas FT-ase tertinggi yaitu 578,1 Unit/ml. Di atas suhu tersebut aktivitasnya cenderung menurun sampai dengan 190 Unit/ml. Hal ini menunjukkan bahwa suhu inkubasi sangat menentukan terhadap aktivitas enzim FT-ase. Hasil ini mendukung penelitian Madlova *et al.* (1999), Kim *et al.* (2000), Huang *et al.* (2001), Hocine *et al.* (2000) dan Yun *et al.* (1997b). Mereka menggunakan suhu 50 - 55°C untuk mendapatkan aktivitas enzim yang optimal dalam reaksi enzimatik konversi sukrosa menjadi FOS.

Pengaruh sumber karbon terhadap aktivitas FT-ase

Aktivitas invertase meningkat dengan pemberian 10 g/100 ml sukrosa dan relatif stabil dengan 15 - 20 g/100 ml sukrosa. *Yield* gula reduksi (glukosa dan sukrosa) yang dihasilkan relatif kecil jika dibandingkan dengan *yield* FOS. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas enzim FT-ase yang terdapat dalam larutan broth fermentasi lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitas enzim invertase (Gambar 4).

Hasil ini mirip dengan hasil penelitian Yun *et al.* (1997a). Sementara itu Kim *et al.* (2000) melaporkan bahwa sukrosa adalah sumber karbon terbaik untuk produksi FT-ase dalam kultur fermentasi.

Pengaruh sumber nitrogen terhadap aktivitas FT-ase

Aktivitas FT-ase semakin meningkat dengan peningkatan kadar ekstrak ragi. Aktivitas FT-ase tertinggi 788,29 dicapai dengan pemberian ekstrak ragi sebesar 12 g/100ml media fermentasi (Tabel 1), Namun persentase peningkatan aktivitas di antara perlakuan yang diuji relatif stabil yaitu pada kisaran 5,3 - 5,7%, kecuali pada perlakuan 0,8 g ekstrak ragi/100 ml media fermentasi yang mencapai peningkatan aktivitas sebesar 26,3%, dibandingkan dengan perlakuan 0,4 g ekstrak ragi/100 ml media fermentasi. Kim *et al.* (2000) dalam penelitiannya juga melaporkan bahwa di antara sumber nitrogen yang diujikan, maka ekstrak ragi adalah sumber nitrogen terbaik yang dapat mengoptimalkan produksi FT-ase dalam kultur fermentasi. Dosis yang digunakan dalam penelitian tersebut sebesar 1,0 g/100 ml media fermentasi.

Pengaruh Magnesium terhadap aktivitas FT-ase

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada pemberian magnesium 1,0 g/l dicapai aktivitas FT-ase tertinggi diantara perlakuan jam fermentasi yang diujikan (12 jam, 24 jam dan 36 jam fermentasi), Hasil ini jauh lebih besar dibandingkan dengan aktivitas FT-ase dengan pemberian magnesium yang lebih rendah atau lebih tinggi dari 1 g/l media fermentasi. Pemberian magnesium dalam media fermentasi sebesar 1 g/l merupakan perlakuan terbaik terhadap aktivitas FT-ase yang dihasilkan. Magnesium memiliki peran dalam meningkatkan aktivitas FT-ase sebagaimana dilaporkan oleh Burnett dan Trinci (1979) terutama dalam sintesa dinding sel fungi. Jung *et al.* (1987) melaporkan bahwa ion magnesium dapat meningkatkan aktivitas dari *Aureobasidium pullulans* KFCC 10245. Demikian pula magnesium merupakan garam mineral terbaik yang dapat meningkatkan produksi FT-ase dalam media fermentasi (Kim *et al.*, 2000).

Selain enzim FT-ase, strain *A. niger* juga membentuk enzim invertase yang akan mengubah sukrosa dalam substrat menjadi gula invert. Kedua enzim ini selalu ada bersama-sama dalam larutan broth

hasil fermentasi. Pada Tabel 2, aktivitas invertase tertinggi diperoleh pada pemberian 1 g/l ion magnesium untuk semua perlakuan lama fermentasi yang diujikan kecuali pada 12 jam fermentasi. Pada 24 jam dan 36 jam fermentasi masing-masing dihasilkan aktivitas invertase sebesar 494,74 unit/ml dan 470,47 unit/ml; sedangkan pada 12 jam fermentasi dicapai aktivitas enzim tertinggi dengan pemberian ion magnesium sebesar 0,5 g/l medium fermentasi, Di antara seluruh perlakuan, pemberian magnesium sebesar 1 g/l dapat dicapai aktivitas enzim invertase paling optimal.

Pengaruh lama fermentasi terhadap aktivitas enzim FT-ase, aktivitas invertase, pH, berat sel dan brix pada perlakuan ion magnesium sebesar 1 g/l disajikan pada Tabel 3. Aktivitas enzim invertase meningkat dengan kenaikan waktu fermentasi. Aktivitas FT-ase meningkat pada perlakuan antara 24 - 36 jam fermentasi (Tabel 3). Pada 36 jam fermentasi, aktivitas enzim FT-ase 1176,19 unit/ml mengalami peningkatan 13,52 % dari aktivitas FT-ase pada 24 jam fermentasi. Sedangkan pada 72 jam fermentasi, aktivitas enzim turun sebesar 18,8 % dari aktivitas FT-ase pada 36 jam fermentasi. Tren kenaikan aktivitas FT-ase antara 12 jam, 24 jam dan 36 jam masing-masing sebesar 10,99% dan 13,52%. Hasil ini menunjukkan aktivitas enzim mengalami fluktuasi yang relatif stabil pada kisaran antara 24-36 jam fermentasi, namun kecenderungan aktivitas enzim semakin kecil di atas 36 jam fermentasi yaitu sebesar 973,47 unit/ml pada 48 jam fermentasi dan mengalami penurunan aktivitas pada 72 jam fermentasi sebesar 18,8%. Walaupun magnesium dapat meningkatkan aktivitas FT-ase, namun lama fermentasi memiliki pola yang sama terhadap aktivitas FT-ase seperti percobaan sebelumnya (lihat Gambar 1).

Sementara itu, pH turun dengan semakin lama waktu fermentasi. Pada Tabel 3, terlihat pH turun dari 6,65 pada awal fermentasi menjadi pH 4,64 pada 72 jam fermentasi. Pada 12 jam fermentasi, pH masih 6,27 hanya turun sebesar 5,7% dari pH awal fermentasi (6,65). Pada 24 dan 36 jam fermentasi di mana aktivitas FT-ase dalam kondisi optimal, pH larutan stabil masing-masing pada pH 5,58 dan pH 5,33. Setelah 36 jam fermentasi pH larutan mengalami penurunan sampai dengan 4,64 pada 72 jam fermentasi (Tabel 3). Hasil ini

memberi gambaran bahwa pH fermentasi optimal berada pada kisaran pH 5 - 6. Kim *et al.* (2000) menyatakan bahwa pH mengalami penurunan selama pembentukan enzim FT-ase oleh *Bacillus* sp. Berlangsung. Pada awal fermentasi pH media 6,0 dan pada akhir fermentasi pH turun menjadi 5,74. Produksi relatif enzim FT-ase yang sudah dicapai sebesar 86,9%, sedangkan jika awal fermentasi pH 7, produksi relatif enzim FT-ase yang dapat dicapai sebesar 100%. Kim *et al.* (2000) juga melaporkan bahwa mikroba *Bacillus macerans* EG6, memiliki respon positif dalam pertumbuhannya pada pH 5,7. Terjadinya fenomena penurunan pH selama fermentasi harus diantisipasi dengan penambahan buffer untuk mempertahankan pH yang dikehendaki. Semakin turun pH maka produksi enzim relatif rendah.

Perubahan brix juga terjadi pada semua perlakuan waktu fermentasi selama 72 jam fermentasi. Brix turun dari 21,8 menjadi 19,9. Pada Tabel 3, kecenderungan nilai brix relatif stabil walaupun penurunannya mulai terlihat setelah fermentasi selama 36 jam.

Berbeda dengan perubahan pH dan brix, perubahan yang terjadi untuk berat sel semakin meningkat dengan semakin lamanya fermentasi (Tabel 3). Peningkatan berat sel terjadi mulai 24 jam fermentasi. Hasil ini menunjukkan bahwa berat sel tidak berpengaruh terhadap peningkatan aktivitas FT-ase dalam larutan broth. Kim *et al.* (2000) melaporkan bahwa pertumbuhan sel tidak mempunyai korelasi langsung terhadap produksi enzim FT-ase.

Untuk enzim invertase, aktivitas tertinggi diperoleh pada fermentasi 72 jam yaitu sebesar 557,81 unit/ml. Untuk perlakuan fermentasi 72 jam terjadi peningkatan aktivitas enzim invertase 12 kali lebih besar dari aktivitas enzim pada 12 jam fermentasi. Pada fermentasi 24 jam saja peningkatan aktivitas invertase sudah mencapai 10 kali lebih besar dari aktivitas enzim pada 12 jam fermentasi. Namundemikian, tren kenaikan aktivitas invertase antara 24 jam, 36 jam dan 48 jam, masing-masing sebesar 4,9%, 21,86% kemudian mengalami penurunan hanya sebesar 2,7% pada 72 jam fermentasi. Walaupun ada kecenderungan penurunan aktivitas enzim di atas 48 jam fermentasi, namun pada 72 jam fermentasi belum terlihat adanya penurunan yang menyolok dari aktivitas enzim invertase.

KESIMPULAN

Beberapa butir kesimpulan dari penelitian ini adalah aktivitas enzim FT-ase yang dihasilkan oleh *A. niger* dipengaruhi oleh lama fermentasi, pH inkubasi dan suhu inkubasi. Selain itu sumber karbon pada kadar 20% sukrosa dalam medium fermentasi, menghasilkan aktivitas FT-ase tertinggi di antara perlakuan yang diujikan. Perlakuan sumber nitrogen pada kadar ekstrak ragi sebesar 1,2 g/ 100 ml dalam media fermentasi menghasilkan aktivitas FT-ase tertinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Penambahan ion magnesium sebesar 1 g/l dalam medium fermentasi merupakan perlakuan terbaik di antara perlakuan yang diujikan dalam meningkatkan aktivitas FT-ase.

DAFTAR PUSTAKA

- Barreteau H, C Delattre and P Michaud. 2006. Production of oligosaccharides as promising new food additive generation. *Food Technol. Biotechnol.* 44 (3), 323-333.
- Behvaran J, BSF Bazzaz and Z Salimi. 2003. Optimization of dextran production by *Leconostoc mesentoreides* NRRL B-512 using cheap and local sources of carbohydrate and nitrogen. *Biotechnol. Appl, Biochem.* 38,267-269.
- Bergeron LJ, E Morou-Bermudez and RA Burne. 2000. Characterization of the fructosyltransferase gene of *Actinomyces naeslundii* WVU45. *Journal of Bacteriology* 182 (13), 3649-3654.
- Bekers M, M Grube, L Vulfa, D Upite, E Kaminska, R Scherbaka, A Vigants and A Danilevich. 2002. Stillage as a source of growth promoting biofactors and a stimulator of levan and extracellular levansucrase synthesis for *Zymomonas mobilis*. *Food Technol. Biotechnol.* 4,305-310.
- Burnett JH and APJ Trinci. 1979. Fungal Walls and Hyphal Growth. Cambridge University Press, London.
- Curtin LV. 1983. *Molasses-General Considerations*, 11. National Feed Ingredients Association, West Des Moines, Iowa.
- Day DF, SK Yoo and CH Chung. 2001. Natural glucans and mannitol from sucrose. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* 24,310-314.
- Ghazi LA, L Fernandez-Arrojo, GD Sequra, M Alcalde, M Yates, FJ Plou and A Ballesteros. 2006. Beet sugar syrup and molasses as low cost feedstock for the enzymatic production of FOS. *J. Agric. Food Chem.* 54 (8), 2964-2968.
- Ghazi IA, GDS Aranzazu, L Fernandez-Arrojo, M Alcalde, M Yates, L Rojas-Cervantes, FJ Plou and A Ballesteros. 2005. Immobilisation of fructosyltransferase from *Aspergillus aculeatus* on

- epoxy-activated sephabeads EC for the synthesis of fructo-oligosaccharides. *Journal of Molecular Catalysis - B: Enzymatic* 35, 19-27.
- Han JS, KJ Park, DS Shien, JH Kim, JC Kim, KC Lee, WH Lee, SW Kim and SW Park. 2005. Microorganism Producing Fructosyl Transferase and Method for Producing Fructooligosaccharides and Neofructooligosaccharides Using the Same. *US Patent* 6,912, 189.
- Hidaka H, M Hirayama and N Sumi. 1988. A fructooligosaccharide producing enzyme from *Aspergillus niger* ATCC 20611. *Agric. Biol. Chem.* 52,1181-1187.
- Huang IJ, PL Chen, C Y Chang, GS Wang and JS Wang. 2001. Production of fructooligosaccharides from sucrose syrup by a microorganism TSC-FOS1. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* 24, 277-281.
- Hocine LL, Z Wang, B Jiang and S Xu. 2000. Purification and partial characterization of fructosyltransferase and invertase from *Aspergillus niger* AS0023. *J. Biotechnology* 81(1), 73-84.
- Jung KH, JY Lim, SJ Yoo, JH Lee and MY Yoo. 1987. Production of fructosyltransferase from *Aureobasidium pullulans*. *Biotechnol. Lett.* 9, 703-708.
- Kaplan H and RW Robert. 2003. Metabolism of fructooligosaccharides by *Lactobacillus paracasei* 1195. *Appl. Environ. Microbiol.* 69 (4), 2217-2222.
- Kim BW, HJ Kwon, HY Park, SW Nam, JPPark and JW Yu n. 2000. Production of a novel transfructosylating enzyme from *Bacillus macerans* EG-6. *Bioprocess. Eng.* 23,11-16.
- Kim YM, JP Park, J Sinha, KH Lim and JW Yun. 2001. Acceptor reactions of a novel transfructosylating enzyme from *Bacillus* sp. *Biotechnol. Letters* 23, 13-16.
- Madlova A, M Antosova, M Barathova, M Polakovic, V stevuka and V Bales. 1999. Screening of microorganism for transfructosylating activity and optimization of biotransformation of sucrose to fructooligosaccharides. *Chem. Papers* 53 (3), 333-339.
- Park YK and GM Pastores. 2006. Process for Preparing Beta-Fructofuranosidase Enzyme and A Process for Producing Fructooligosaccharides. *United State Patent* 3 Januari 2006. Patent No.: 6.982.163.
- Sangeetha PT, MN Ramesh, SG Prapulla. 2005. Recent trends in the microbial production, analysis and application of fructooligosaccharides. *Trends Food Sci. Technol.* 16,442-457.
- Santoso H, Triantarti dan A Toharisman. 2007. Isolasi *Aspergillus niger* untuk memproduksi enzim Fructosyltransferase, *Majalah Penelitian Gula II* (April-Juni), 17-22.
- Yun JW. 1996. Fructooligosaccharides- occurrence, preparation and application. *Enzyme and Microbial Technol.* 19,107-117.
- Yun JW, DH Kim, BW Kim and SK Song. 1997a. Comparison of sugar compositions between inulo- and fructooligosaccharides produced by different enzyme forms. *Biotechnol Letters* 19 (6), 553-336.
- Yun JW, DH Kim, HY Moon, CH Song and SK Song. 1997b. Simultaneous formation of FT-ase and GT-ase in *Aureobasidium pullulans*. *Journal of Microbiolpgy and Biotechnology* 7 (3), 204-208.
- Van Hijum SAFT, GH van Geel-Schutten, H Rahaoui, MJEC van der Maarel and L Dijkhuizen. 2002. Characterization of a novel fructosyltransferase from *Lactobacillus reuteri* that synthesizes high-molecular weight inulin and inulin oligosaccharides. *Appl. Environ. Microbiol.* 68 (9), 4390-4398.
- Vankova KM, Antosova and M Polakovic. 2005. Design and economics of industrial production of fructosyltransferase. *Chem. Pap.* 59(6a), 441-448.