

MANDALA OF HEALTH

A SCIENTIFIC JOURNAL

Suparmi	Pertumbuhan dan Produksi Astaxanthin Khamir <i>Phaffia rhodozyma</i> pada Berbagai Sumber Karbon dan Jenis Cahaya	139-146
E. Mirani	Perbedaan Kandungan Protein Telur Ayam Ras pada Berbagai Cara Pengolahan	147-151
GA. Dewanti	Perbandingan Efek Antidislipidemia antara Minyak Zaitun (<i>Olea europaea</i> L.) Jenis <i>Extra Virgin Olive Oil</i> dan Simvastatin terhadap Profil Lipid Tikus Putih	152-163
AA. Primastiwi	Hubungan Diabetes Melitus Tipe 2 dengan Kadar Asam Urat Darah pada Pasien di RSUD Prof.Dr. Margono Soekarjo	164-169
D. Krisnansari	Efek Kurikulum Berbasis Kompetensi terhadap Status Psikologis Mahasiswa Kedokteran Fakultas Kedokteran dan Ilmu-Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman	170-176
S. Sumarni	Hubungan Frekuensi Senam Hamil terhadap Lama Waktu Persalinan Kala II Pada Ibu Bersalin Primipara di Kota Semarang Tahun 2009	177-185
NSA. Gumilas	Peran Superoksida Dismutase (SOD) terhadap Ketahanan Penyakit Kardiovaskuler	186-193
Q. Santosa	<i>Pitfalls</i> Diagnosis Tuberkulosis pada Anak	194-205
Y. Wibowo	Kuesioner sebagai Alat Ukur Survai	206-213

Mandala of Health

Jurnal Ilmiah Kesehatan

ISSN 0216-3098

Volume 4, Nomor 3, September 2010, Hal 139 - 213

Pelindung

Dekan Fakultas Kedokteran Dan Ilmu-Ilmu Kesehatan (FKIK)
Universitas Jenderal Soedirman

Penanggungjawab

Ketua Jurusan Kedokteran FKIK
Universitas Jenderal Soedirman

Dewan Redaksi

Ketua: dr. Evy Sulistyoningrum, MSc
Sekretaris : dr. Lantip Rujito, MSi.Med
Anggota: dr. Fitranto Arjadi, MKes
dr. Joko Mulyanto, MSc

Jurnal ilmiah kesehatan Mandala of Health adalah media informasi yang memuat artikel-artikel penelitian, *review* pustaka, reportase kasus dan *book review* tentang kesehatan yang terbit 3 kali dalam setahun. Redaksi menerima kiriman naskah untuk diterbitkan dan kalangan akademisi, profesional, dan masyarakat kesehatan pada umumnya yang memenuhi syarat terbit sesuai panduan bagi penulis, serta melalui *peer review* dari para mitra bestari.

Pengiriman naskah dialamatkan ke:
Pengurus Jurnal Mandala of Health
Jurusan Kedokteran
Fakultas Kedokteran dan Ilmu-ilmu Kesehatan (FKIK) Unsoed
JI Gumbreg no 1 Purwokerto, 53146
Telp/Fax : 0281 641522 / 0281 631208
Email : mandalaofhealth@gmail.com

Mandala of Health

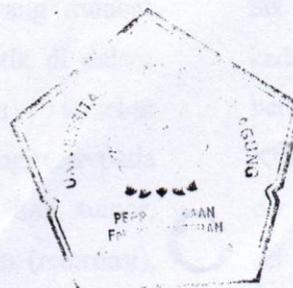
Jurnal Ilmiah Kesehatan

ISSN 0216-3098

Volume 4, Nomor 3, September 2010, Hal 139-213

DAFTAR ISI

Suparmi	Pertumbuhan dan Produksi Astaxanthin Khamir <i>Phaffia rhodozyma</i> pada Berbagai Sumber Karbon dan Jenis Cahaya	139-146
E. Mirani	Perbedaan Kandungan Protein Telur Ayam Ras pada Berbagai Cara Pengolahan	147-151
GA. Dewanti	Perbandingan Efek Antidislipidemia antara Minyak Zaitun (<i>Olea europaea</i> L.) Jenis <i>Extra Virgin Olive Oil</i> dan Simvastatin terhadap Profil Lipid Tikus Putih	152-163
AA. Primastiwi	Hubungan Diabetes Melitus Tipe 2 dengan Kadar Asam Urat Darah pada Pasien di RSUD Prof.Dr. Margono Soekarjo	164-169
D. Krisnansari	Efek Kurikulum Berbasis Kompetensi terhadap Status Psikologis Mahasiswa Kedokteran Fakultas Kedokteran dan Ilmu-Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman	170-176
S. Sumarni	Hubungan Frekuensi Senam Hamil terhadap Lama Waktu Persalinan Kala II Pada Ibu Bersalin Primipara di Kota Semarang Tahun 2009	177-185
NSA. Gumilas	Peran Superoksida Dismutase (SOD) terhadap Ketahanan Penyakit Kardiovaskuler	186-193
Q. Santosa	<i>Pitfalls</i> Diagnosis Tuberkulosis pada Anak	194-205
Y. Wibowo	Kuesioner sebagai Alat Ukur Survai	206-213



Pertumbuhan dan Produksi Astaxanthin Khamir *Phaffia rhodozyma* pada Berbagai Sumber Karbon dan Jenis Cahaya

Suparmi^{1)*}, Agustina Dwi Retno Nurcahyanti²⁾, Aji Wahyu Budiyanto³⁾, Reny Pratiwi³⁾, Edwin Mahendra³⁾, dan Budi Prasetyo⁴⁾

¹⁾ Staf Pengajar Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

²⁾ Staf Pengajar Jurusan Biologi, Universitas Pelita Harapan, Lippo Village, Karawaci ³⁾ Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga

⁴⁾ Staf Pengajar Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga

*) e-mail: amik_achsy@yahoo.com

ABSTRACT

The effect of light on the growth and astaxanthin production from Phaffia rhodozyma grown on media containing various carbon source had been studied. P. rhodozyma were grown in batch fermentation condition with glucose, fructose as carbon source and irradiated with light (500 lux) for both red and white light (polychromatic) and without light (dark) at room temperature (27±2 °C) for 5 days. Astaxanthin produced in light and dark conditions were extracted from the biomass, then identified and quantified by absorption spectra using UV-Vis spectrophotometer. The growth rate of P. rhodozyma in dark condition was greater than under light exposure condition, eventhough it was not significant. Astaxanthin production of yeast was also notably changed by light. P. rhodozyma produced greater amounts of astaxanthin in light condition rather than in dark condition. However, the production of these carotenoids does not follow the same pattern based on the carbon source. When P. rhodozyma grew under fermentative conditions with different carbon source light conditions, the rate of astaxanthin production from the highest to the lowest are in yeast grown in glucose, fructose and without carbon source respectively.

Key word: *Phaffia rhodozyma*, cell growth, astaxanthin, glucose, fructose, light effect

PENDAHULUAN

Dewasa ini permintaan bahan pewarna berkembang pesat, sejalan dengan perkembangan industri pangan. Penggunaan bahan pewarna alami mulai dilirik kalangan industri pangan, sejalan dengan larangan penggunaan bahan pewarna sintetik di berbagai negara dan laporan mengenai masalah kesehatan yang muncul akibat akumulasi pewarna sintetik di dalam tubuh. Masalah kesehatan tersebut diantaranya adalah anemia, gangguan pada pencernaan, otak, limpa, ginjal, hati, tumor, kanker, lumpuh, keterbelakangan (retardasi), dan kebutaan (Goyle

& Gupta 1998 dalam Rao *et al.*, 2004. Realita ini mendorong upaya untuk menemukan sumber pewarna alami yang aman bagi kesehatan manusia, salah satunya sumber yang berasal dari pigmen yang dihasilkan oleh mikroorganisme.

Phaffia rhodozyma merupakan salah satu mikroorganisme dari golongan khamir yang diketahui mampu memproduksi pigmen karotenoid. Astaxanthin (3,3'-dihydroxy-β,β'-carotene-4,4'-dione) merupakan karotenoid utama yang dihasilkan *P. rhodozyma* (Andrew *et al.*, 1976).

Pigmen merah-oranye ini menjadi sangat penting sejak dipertimbangkan sebagai bahan pewarna pada pakan ikan budidaya, khususnya ikan salmon. Penambahan astasantin dalam pakan ikan salmon dapat menyebabkan ikan berwarna merah, sehingga meningkatkan kualitas dan daya beli konsumen di pasar (Moriel *et al.*, 2005). Selain bernilai ekonomi untuk akuakultur, pigmen ini mempunyai aktivitas antioksidan dan antikarsinogenik. Oleh karena itu, produksi biomassa *P. rhodozyma* sangat menarik perhatian karena tidak hanya sebagai sumber astasantin alami, akan tetapi biomassa khamir yang dihasilkan merupakan sumber protein alternatif dalam budidaya ikan salmon (Beck *et al.*, 1979 dalam Haard, 1988).

Seiring dengan berkembangnya kebutuhan astasantin, optimasi pertumbuhan dengan penekanan pada faktor pertumbuhan seperti media tumbuh dan faktor lingkungan perlu mendapat perhatian. Penemuan sumber media baru sering dilakukan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi astasantin (Martin *et al.*, 1993). Sumber karbon merupakan salah satu komponen penting dalam produksi astasantin dan pertumbuhan biomassa dari khamir itu sendiri. Dengan memodifikasi sumber karbon dan mengetahui bahan-bahan apa saja yang berpotensi sebagai sumber karbon, maka produksi astasantin dapat semakin ditingkatkan (Kockova-Kratochvilov, 1990). Fang & Cheng (1993) melaporkan bahwa produksi astasantin dapat dioptimasi dengan memanipulasi temperatur, pH media, konsentrasi,

dan jenis substrat serta sumber karbon yang digunakan untuk pertumbuhan. Selain itu, Vázquez (2001) melaporkan bahwa pemberian cahaya pada saat kultur *P. Rhodozyma* dapat meningkatkan produksi astasantin.

Berdasarkan hal-hal tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan pengaruh sumber karbon glukosa dan fruktosa, serta pengaruh sumber cahaya putih dan merah terhadap pertumbuhan *P. rhodozyma* dan produksi astasantin dalam kondisi fermentasi *batch*.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah glukosa, fruktosa, malt ekstrak, ekstrak khamir, pepton, akuades, aseton, petroleum eter, reagen DNSA (*Dinitrosalisilat Acid*), dan DMSO (*Dimethyl Sulfoxide*).

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah shaker, erlenmeyer, lampu polikromatik, lampu merah, pipet ukur, gelas ukur, tabung reaksi, waterbath, dan spektrofotometer.

Metode

Mikroorganisme

P. rhodozyma MUCL 31142 diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.

Khamir ini ditumbuhkan dan disimpan dalam medium dengan komposisi sebagai berikut: glukosa 10 g/l, pepton 5 g/l, ekstrak khamir 3 g/l dan agar 20 g/l. Temperatur penyimpanan kultur adalah 4 °C.

Kondisi Pertumbuhan Inokulum

Inokulum ditumbuhkan pada erlenmeyer 250 ml yang mengandung medium dengan komposisi sebagai berikut: glukosa 10 g/l, pepton 5 g/l, ekstrak khamir 3 g/l, ekstrak malt 3 g/l, dengan pH media sebesar 5. Kultur diinkubasi pada shaker dengan kecepatan 120 rpm dan pada suhu ruang selama 18-24 jam. Starter diambil 10% (v/v) yang digunakan untuk pertumbuhan curah (fermentasi *batch*).

Kondisi Pertumbuhan

P.rhodozyma ditumbuhkan pada erlenmeyer 500 ml yang berisi 360 ml medium dengan komposisi sama pada pertumbuhan inokulum dengan modifikasi sumber karbon dari glukosa, fruktosa dan sebagai kontrol tanpa sumber karbon. Volume pertumbuhan sebanyak 40 ml dan diinkubasi pada suhu ruang (25-30 °C) dengan agitasi 150 rpm (Vázquez, 2001).

Fotoperiod selama 24 jam dengan lampu sorot 80 watt Phillips merah dan lampu polikromatik, diatur sedemikian sehingga intensitas cahaya yang diterima sebesar 500 lux. Penelitian untuk mengetahui pengaruh cahaya dilakukan dengan membandingkan pertumbuhan

khamir pada kondisi gelap (tanpa cahaya) dengan cara membungkus erlenmeyer menggunakan aluminium foil (Vázquez, 2001). Lama pertumbuhan 5 hari. Pengambilan sampel dilakukan setiap 12 jam sampai terjadi fase stasioner. Parameter yang diukur pada setiap pengambilan sampel adalah kerapatan optis (OD) sel pada panjang gelombang 660 nm, biomassa sel, konsentrasi gula reduksi dan konsentrasi astaxantin.

Analisis Sampel

Pengukuran Pertumbuhan Sel (Ingraham et al,1993).

Pengukuran pertumbuhan sel dilakukan secara tidak langsung yaitu dengan mengukur kerapatan optis (OD) sampel dengan spektrofotometer Varian Cary 50 pada panjang gelombang 660 nm. Nilai absorbansi sampel yang dibaca pada panjang gelombang 660 nm selama pertumbuhan dikonversikan ke persamaan linearitas pada kurva standar berat kering sel-OD.

Pengukuran Konsentrasi Gula Reduksi (James,1995)

Dari hasil pengenceran sampel sebesar 60× diambil 0,5 ml kemudian ditambah dengan 0,5 ml reagen 3,5 *Dinitrosalisilat Acid* (DNSA) dan 1 ml akuades kemudian dihomogenisasi. Selanjutnya campurn larutan tersebut dipanaskan dalam pemanas air yang bersuhu 100°C selama 5 menit. Setelah pemanasan, larutan didinginkan

dan ditambah dengan 8 ml akuades. Absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm. Konsentrasi glukosa (gula reduksi) dalam sampel ditentukan dengan mengkonversikan absorbansi sampel pada kurva standar glukosa.

Pengukuran Konsentrasi Astasantin (modifikasi Schroeder and Johnson. 1993)

Sampel sebanyak 5 ml disentrifus pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit dan peletnya dicuci dengan 5 ml akuades sebanyak 2 kali. Selanjutnya pelet dicuci dengan 5 ml aseton dan divortek agar terhomogenkan, setelah itu larutan disentrifus pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Pelet dikeringanginkan, kemudian ditambah dengan *glass beads* berdiameter $\pm 0,5$ mm ($\pm 0,25$ g) dan 2,5 ml DMSO (*dimethyl sulfoxide*) yang telah dipanaskan pada suhu 55 °C. Setelah pemanasan, sampel ditambah dengan 2,5 ml aseton, 2,5 ml petroleum eter dan 2,5 ml NaCl 20%. Kemudian sampel disentrifus selama 2 menit. Setelah proses pemanasan, sampel membentuk 3 fase. Fase paling atas (fase petroleum eter) diambil dengan pipet tetes dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 474 nm. Konsentrasi total astasantin dan konsentrasi astasantin per gram biomassa dihitung berdasarkan hukum Lambert-Beer (Sedmak *et al.*, 1990) :

$$A_{474} = \epsilon.d.c$$

$$[Total\ Astaxantin\ (\mu g / L)] = \frac{A_{474}}{210 \times d} \times 10^6 \times fp$$

$$[Astaxantin\ per\ gram\ BKS\ (\mu g / g)] = \frac{Konsentrasi\ total\ Astaxantin\ (\mu g / L)}{Konsentrasi\ Sel\ (g\ BKS / L)}$$

Ket : A = absorbansi pada λ 474 nm

ϵ = koefisien ekstingsi (2100)

d = diameter kuvet (1cm)

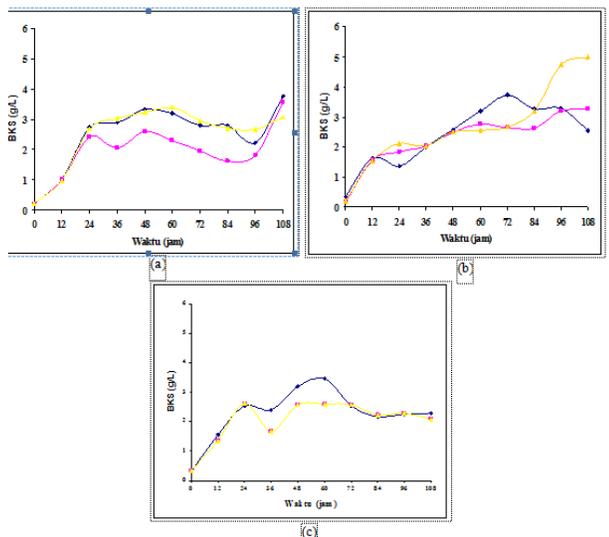
c = konsentrasi total astasantin (μ g/l)

fp = faktor pengenceran

HASIL

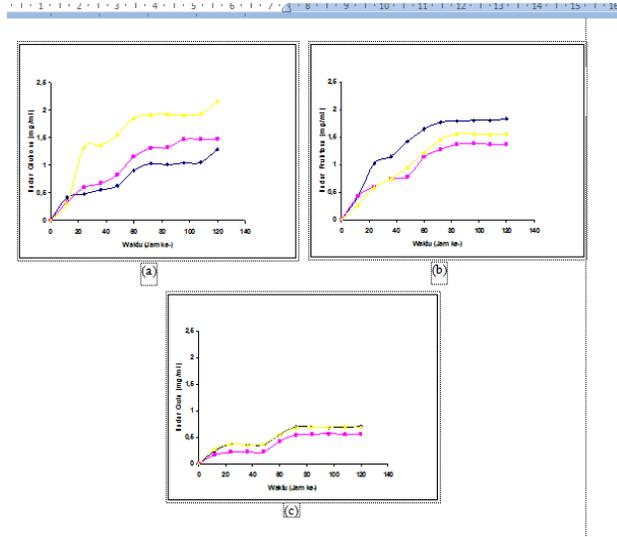
Pertumbuhan *P. rhodozyma* MUCL 31142 pada Berbagai Sumber Karbon dan Kondisi Penyinaran

Kurva pertumbuhan *P. rhodozyma* MUCL 31142 pada berbagai sumber karbon dan kondisi penyinaran tampak pada **Gambar 3**. Pada penelitian ini digunakan medium dengan 2 macam sumber karbon yaitu glukosa dan fruktosa serta digunakan kontrol yaitu medium tanpa sumber karbon. Pertumbuhan *P. rhodozyma* MUCL 31142 pada ketiga macam medium disinari dengan 2 macam lampu, yaitu lampu polikromatik (putih) dan lampu merah serta tanpa penyinaran (kondisi gelap) sebagai kontrol.



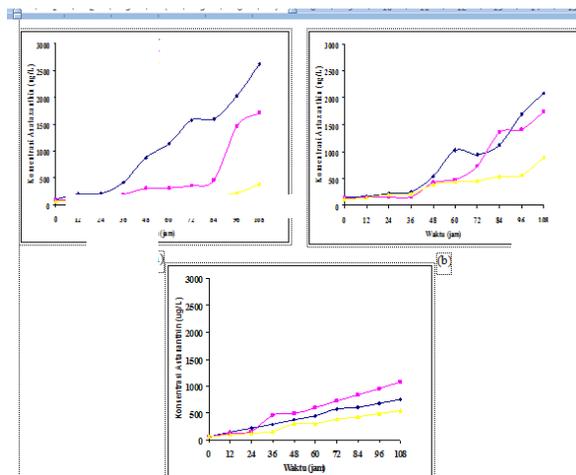
Gambar 1. Pertambahan Biomassa *P. rhodozyma* MUCL 31142 pada Berbagai Macam Sumber Kabon (a). Glukosa; (b). Fruktosa; (c). Tanpa Sumber Karbon dengan berbagai kondisi penyinaran (-♦-) Lampu Terang, (-■-) Lampu Merah, (-▲-) Tanpa Cahaya (Gelap). Konsumsi Gula oleh *P. rhodozyma* MUCL 31142 pada Berbagai Sumber Karbon dan Kondisi Penyinaran

Kurva konsumsi gula oleh *P. rhodozyma* MUCL 31142 pada berbagai sumber karbon dan kondisi penyinaran tampak pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Konsumsi Gula oleh *P. rhodozyma* MUCL 31142 pada Berbagai Macam Sumber Kabon (a). Glukosa; (b). Fruktosa; (c). Tanpa Sumber Karbon dengan berbagai kondisi penyinaran berdasarkan jenis cahaya (-♦-) Lampu Merah, (-■-) Lampu Putih, (-▲-) Gelap

Konsentrasi Astasantin *P. rhodozyma* MUCL 31142 pada Berbagai Macam Sumber Kabon dan Penyinaran



Gambar 3. Konsentrasi Astasantin *P. rhodozyma* MUCL 31142 pada Berbagai Macam Sumber Karbon (a). Glukosa; (b). Fruktosa; (c). Tanpa Sumber Karbon dengan berbagai kondisi penyinaran (-♦-) Lampu Terang, (-■-) Lampu Merah, (-▲-) Tanpa Cahaya (Gelap)

Berdasarkan **Gambar 5**, tingkat konsentrasi astasantin yang dihasilkan oleh khamir mengalami peningkatan selama masa pertumbuhan baik pada medium dengan sumber karbon glukosa maupun fruktosa. Namun dari kedua jenis sumber karbon tersebut, peningkatan konsentrasi astasantin mempunyai pola yang sama akibat penyinaran tertentu.

PEMBAHASAN

Pertumbuhan *P. rhodozyma* MUCL 31142 pada Berbagai Sumber Karbon dan Kondisi Penyinaran

Berdasarkan kurva pada **Gambar 3**, pertumbuhan biomassa yang paling tinggi dan cenderung mengalami peningkatan adalah *P. rhodozyma* MUCL 31142 yang tumbuh pada medium dengan sumber karbon fruktosa diikuti glukosa dan yang terakhir adalah medium tanpa sumber karbon. Menurut Fang dan Cheng (1993), fruktosa akan mendukung pertumbuhan sel *P. rhodozyma* NCHU-FS301 lebih besar daripada sumber karbon yang lainnya. *P. rhodozyma* merupakan yeast karotenogenik yang

mengfermentasikan glukosa. Metabolisme fermentasi dipengaruhi oleh tingkat glukosa dan konsentrasi oksigen terlarut. Dengan demikian hasil penelitian telah sesuai dengan literatur yang telah ada.

Selain sumber karbon, *P. rhodozyma* juga menggunakan sumber N seperti asam amino yang berasal dari pepton untuk produksi biomassa (Stanbury dan Whitaker, 1984). Menurut An et al (1989), dalam malt ekstrak *P. rodhozyma* akan memproduksi antimycin A. Antimycin ini membantu pertumbuhan *P.rhodozyma* ketika rantai respirasi utama terhambat.

Pengaruh cahaya yang tampak pada ketiga kurva pada **Gambar 3** menunjukkan perbedaan antara medium satu dengan yang lain. Pada medium dengan sumber karbon glukosa, kondisi cahaya putih dan gelap memiliki pertumbuhan biomassa lebih tinggi dibanding kondisi cahaya merah. Pada medium dengan sumber karbon fruktosa, ketiga kondisi cahaya memberikan pengaruh yang hampir sama pada pertumbuhan biomassa. Namun pada jam ke 96 dan 108, medium dengan kondisi gelap memiliki pertumbuhan biomassa lebih tinggi dibanding kedua kondisi cahaya yang lain. Pada medium tanpa sumber karbon, kondisi cahaya terang mampu menghasilkan pertumbuhan biomassa sedikit lebih tinggi dibanding kondisi cahaya merah dan gelap yang keduanya memiliki tingkat pertumbuhan biomassa yang relatif berimbang. Secara keseluruhan, pengaruh berbagai macam cahaya terhadap pertumbuhan sel *P. rhodozyma*

tidak memiliki perbedaan yang sangat signifikan antara kondisi cahaya putih, merah, dan gelap.

Konsumsi Gula oleh *P. rhodozyma* MUCL 31142 pada Berbagai Sumber Karbon dan Kondisi Penyinaran

Berdasarkan ketiga kurva konsumsi gula pada **Gambar 4** tampak bahwa sel khamir yang menggunakan glukosa sebagai sumber karbon mempunyai tingkat konsumsi yang tinggi pada kondisi gelap, diikuti masing-masing pada kondisi yang diinkubasi pada keadaan lampu putih dan cahaya merah. Sedangkan pada khamir yang dikulturkan pada medium yang menggunakan fruktosa sebagai sumber karbonnya menunjukkan bahwa sel khamir yang diinkubasi dengan cahaya merah memperlihatkan konsumsi gula paling tinggi, kemudian diikuti dengan sel khamir yang diinkubasi pada keadaan gelap dan dengan cahaya putih. Apabila dibandingkan dari faktor pencahayaan tanpa memperhatikan sumber karbon, maka dapat diasumsikan bahwa konsumsi gula untuk penambahan biomassa tidak dipengaruhi oleh faktor cahaya. Hal ini bertolak belakang dengan pernyataan (An dan Johnson, 1990) bahwa penyinaran dapat menstimulasi pertumbuhan yang memungkinkan meningkatkan atau menginduksi penggunaan sebuah sistem oksidasi alternatif.

Konsentrasi Astasantin *P. rhodozyma* MUCL 31142 pada Berbagai Macam Sumber Karbon dan Penyinaran

Dari **Gambar 5a** dan **5b** tampak bahwa pada sel khamir yang diperlakukan dengan cahaya putih memiliki tingkat konsentrasi astasantin yang relatif lebih tinggi dibanding cahaya merah dan gelap. Sedangkan pada kontrol yang tidak mengandung sumber karbon tetap menghasilkan astasantin. Hal ini disebabkan karena pada kondisi tanpa sumber karbon masih terjadi produksi astasantin. Produksi astasantin tersebut berasal dari medium dengan ekstrak khamir yang mengandung Mg^{2+} . Unsur Mg^{2+} merupakan kofaktor enzim yang mampu mengkonversi GGPP menjadi karotenoid (Anonim, 1988; Johnson and An, 1991 dalam Purnomo, 2002).

Rose dan Harison (1989) menyatakan bahwa glukosa dan fruktosa merupakan contoh komponen gula yang dapat menjadi bahan penyedia utama prekursor asetil-CoA. Secara biosintesis, senyawa-senyawa aromatis misalnya senyawa gula dan turunannya dapat didegradasi menjadi asetil – CoA melalui jalur ortho. Asetil – CoA merupakan bahan dasar untuk membentuk astasantin dalam sel melalui jalur mevalonat (Mitchell, 1978; Johnson dan An, 1991; Yamane *et al.*, 1997). Shimada dkk (1998) serta Tada dan Shiroishi (1982) mengungkapkan bahwa enzim yang berperan dalam merangsang pembentukan senyawa karotenoid adalah 3-hidroksi

metilglutaril Coenzim A (HMG-CoA) reduktase. Aktivitas enzim ini dapat dipacu dengan iluminasi setelah inkubasi. Cahaya biru dan putih akan meningkatkan pembentukan zea-karoten. Pada cahaya dengan panjang gelombang pada daerah merah atau pada kondisi gelap maka mutan akan mengakumulasi 3-hidroksi-3',4'-diehidro- β , ψ -caroten-4-one (HDCO). Beberapa hasil penelitian tersebut mengimplikasikan bahwa cahaya biru/putih mempunyai keterlibatan dalam merangsang enzim atau kofaktor pada sintesis santofil (An and Johnson, 1990). Dengan demikian hasil yang diperoleh telah sejalan dengan literatur yang berkembang.

Stoikiometri yang berhubungan dengan pemakaian sumber karbon glukosa dan fruktosa selama pertumbuhan curah (fermentasi batch) dijelaskan sebagai berikut:

Sumber Karbon Glukosa



Tingkat penurunan dari

$$\text{Substrat} : \square_S = 4 + 2 - (2 \times 1) = 4$$

$$\text{Biomass} : \square_B$$

$$= 4 + 1,8 - (2 \times 0,2) - (3 \times 0,5) = 3,9$$

$$\text{Produk} : \square_P$$

$$= 4 + 1,25 - (2 \times 0,1) - (3 \times 0) = 5,05$$

Sumber Karbon Fruktosa



Tingkat Penurunan dari

$$\text{Substrat} : \square_S = 4 + 2 - (2 \times 1) = 4$$

$$\text{Biomass} : \square_B$$

$$= 4 + 1,8 - (2 \times 0,2) - (3 \times 0,5) = 3,9$$

$$\text{Produk} : \square_P$$

$$= 4 + 1,25 - (2 \times 0,1) - (3 \times 0) = 5,05$$

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian yang telah dilakukan diatas adalah sebagai berikut:

1. Efek cahaya berpengaruh pada produksi astasantin namun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap pertumbuhan biomassa pada medium yang mengandung sumber karbon baik glukosa maupun fruktosa.
2. Cahaya putih akan meningkatkan produksi astasantin paling baik pada kedua medium dibandingkan penggunaan cahaya lain.
3. Pada medium yang mengandung sumber karbon glukosa maupun fruktosa mengalami tingkat peningkatan astasantin yang cenderung sama.
4. Khamir yang tumbuh pada medium yang tidak mengandung sumber karbon tetap mampu memproduksi astasantin karena adanya penambahan sel khamir dalam medium.
5. Khamir yang tumbuh pada medium yang mengandung sumber karbon glukosa maupun fruktosa mengalami peningkatan biomassa yang sedikit lebih tinggi pada medium

fruktosa dibanding medium glukosa dan kontrol.

the yeast *Phaffia rhodozyma*, *Antonie van Leeuwenhoek* 57: 191-203, 1990.

Daftar Pustaka

- An, G.-H., Chang, Keng-Wei. and Johnson, E.A., 1996, Effect of Oxygen Radicals and Aeration on Carotenogenesis and Growth of *Phaffia rhodozyma*, *Journal of Microbiology and Biothechnology*. 6(2) : 103-109.
- An, Gil-Hwan and Johnson, E. A., 1990, Influence of Light on Growth and pigmentation of the yeast *Phaffia rhodozyma*, *Kluwer Academic Publisher* 57 : 191-203.
- Anonim, 2007. *Phaffia rhodozyma mutants, process for producing β -carotene and use of β -carotene rich biomass*. <http://www.patentstorm.us/>. [22 Mei 2007].
- Fang, T. J. ang Chen, Yi-Shin, 1993, Improvement of Astaxanthin Production by *Phaffia rhodozyma* through Mutation and Optimization of Culture Conditions. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 75: 466-469.
- Gil-Hwan An & Johnson, E. A., 1990, Influence of light on growth and pigmentation of
- Haard, N. F., 1988, Astaxanthin Formation by The Yeast *Phaffia rhodozyma* on Molasses, *Biotechnology Letters* 10(9) : 609-614.
- Jensen, G. L., 2000, *FDA Approval Phaffia Yeast as Color Additive in Salmonid Fish Feed*, (<http://library.kcc.hawaii.edu/praise/news/aquacon2.html>).
- Johnson, E. A. and An, G.-H., 1991, Astaxanthin from Microbial Sources. *Biotechnology*. 11(4) : 297-326.
- Johnson, Eric A., 2003, *Phaffia rhodozyma : colorful odyssey*, *Int Microbiol* 6: 169–174.
- Kockova-Kratochvilova, A., 1990, *Yeast and Yeast-like Organism*, VCH Verlagsgesellschaft. Weinheim.
- Kurnia, A., 2006, *Lebih Jauh Tentang Bahan Pewarna Ikan (I)*. [http://www.beritaiptek.com/zberita-beritaiptek-2006-11-07-Lebih-Jauh-Tentang-Bahan-Pewarna-Ikan-\(I\).shtml](http://www.beritaiptek.com/zberita-beritaiptek-2006-11-07-Lebih-Jauh-Tentang-Bahan-Pewarna-Ikan-(I).shtml). [26 Agustus 2007].
- Martin, A. M., Acheampong, E. and Patel, T. R., 1993, Production of Astaxanthin by

- Phaffia rhodozyma* Using Peat Hydrolysates as Substrate, *Journal of Chemistry and Technology Biotechnology*. 58 : 223-230
- Misawa, N., Yoshiko. S., Keiji. K., Akihiro . Y., Susumu K., Toshiko T., Takeshi, O., and Wataru, M., 1995, Structure and Functional Analysis of a Marine Bacterial Carotenoid Biosynthesis Gene Cluster and Astaxanthin Biosynthetic Pathway Proposed at the Gene Level. *Journal of Bacteriology* 177(22): 6575–6584.
- Mitchell, R., 1978, Waer Pollution Microbiology vol.2. John Wiley and Sons. New York.
- Moriel, Danilo G., Miriam B. C., iara M. P. M., Jose D. F., and Tania M. B. B., 2005, Effect of Feeding Methods on the Astaxanthin Production by *Phaffia rhodozyma* in fed-batch Process, *Brazilian Archieves of Biology and Technology* 48(3): 397-401.
- Rij, K.-V. N. J. W., 1984, *The Yeast a Taxonomic Study*. 3rd. Elsevier Science Publisher B. V. Amsterdam.
- Rose, A.H and J.S Harrison., 1987, *The Yeast*. 2nd Ed.Vol.1. Academic Press Harcourt Brace Javanovich Publishers. London.
- Shimada, H., Kondo, K., Fraser, P. D., Miura, Y., Saito, T., and Misawa, N., 1998, Increased Carotenoid Production by Food Yeast *Candida utilis* Through Metabolic Engineering of The Isoprenoid Pathway, *Applied and Environmental Microbiology* P: 2676-2680.
- Stanbury, P. F. and Whitaker, A., 1984, Principles of Fermentation Technology. Pergamon International Library of Library of Science. New York
- Tada, M dan Shiroishi, M., 1982, Mechanism of Photoregulated Carotenogenesis in *Rhodotorula Minuta* V. Photoinduction of 3-Hydroxy-3-Methyl Glutaryl Coenzyme A Reductase, *Plant and Cell Physiol.* 23(4) : 615-621
- Vázquez, M., 2001, Effect of the Light on Carotenoid Profiles of *Xanthophyllomyces dendrorhous* Strains (formerly *Phaffia rhodozyma*). *Food technol. biotechnol.* 39 (2) 123–128.
- Wulansari, I., 2001, Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan dan pembentukan astaxanthin *Phaffia rhodozyma* MUCL 31142 pada air kelapa sebagai substrat pertumbuhan dengan system curah. *Skripsi*. Fakultas Biologi Universitas Kristen Satya Wacana.

Yamane, Y. I., Higashida, K., Nakashimada, Y.,
Kakizono, T., and Nishio, N., 1997,
Influence of Oxygen and Glucose on
Primary Metabolism and Astaxanthin

Production by *Phaffia rhodozyma* in Batch
and Feed Batch Cultures; Kinetic and
Stoichiometric Analysis. *Applied and
Environmental Microbiology*.