

## Kajian aktivitas antioksidan dan kadar antikolesterol pada angkak dengan variasi jenis substrat (beras, jagung, dan gaplek)

### Study of antioxidant activity and anti-cholesterol content on red yeast rice with substrates variation (rice, corn and dried cassava)

HADI WIYOTO, M.A.M. ANDRIANI, NUR HER RIYADI PARNANTO

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126, Jawa Tengah

Manuskrip diterima: 24 Agustus 2010. Revisi disetujui: 14 Desember 2010.

**Abstract.** Wiyoto H, Andriani MAM, Parnanto NHR. 2011. Study of antioxidant activity and anti-cholesterol content on red yeast rice with substrates variation (rice, corn and dried cassava). Biofarmasi 9: 38-44. Red yeast rice is one of fermented rice product by *Monascus purpureus*. Traditionally, the substrate used to produce red yeast rice is rice. Usually, the rice with high amylose content is proper to produce red yeast rice than low amylose. The other substrates that be used to produce red yeast rice are corn and dried cassava. The purposes of this research were to determine the effect of substrates variation (rice, corn and dried cassava) on antioxidant activity and anti-cholesterol content in red yeast rice, and to determine the substrate(s) that produce the highest antioxidant activity and anti-cholesterol content. The design of this research was a Completely Randomized Design with one factor, i.e. the kind of substrates: rice, corn and dried cassava, with three replications. Then, the data were analyzed with ANOVA at a level of significance  $\alpha=0.05$ , and continued with DMRT at the same level. This results showed that the effect of substrates kind to antioxidant activity and anti-cholesterol content on red yeast rice. The rice substrate had higher antioxidant activity and anti-cholesterol content than corn and dried cassava substrates. The antioxidant activity and the anti-cholesterol content on red yeast rice from rice substrate were 45.6100% and 0.026600%, respectively. The antioxidant activity and the anti-cholesterol content on red yeast rice from corn substrate were 44.0500% and 0.022833%, respectively, while the antioxidant activity and the anti-cholesterol content on red yeast rice from dried cassava substrate were 42.8333% and 0.013200%, respectively.

**Keywords:** Anti-cholesterol, antioxidant activity, red yeast rice, substrates variation

## PENDAHULUAN

Angkak merupakan salah satu produk beras terfermentasi dengan menggunakan kapang *Monascus* sp. (Ardiansyah 2005). Melalui proses fermentasi fasa padat dengan menggunakan kapang *Monascus*, butir-butir beras yang tadinya berwarna putih akan diselimuti oleh pigmen merah yang dihasilkan selama fermentasi. Metabolit yang terbentuk selama proses fermentasi umumnya berupa senyawa-senyawa poliketida, seperti *monascin*, *ankaflavin*, *rubropunctatin*, dan *monascorubrin*, yang merupakan pigmen warna. Selain itu, proses fermentasi juga menghasilkan beberapa senyawa metabolit sekunder bentuk poliketida lain, seperti monakolin K yang identik dengan lovastatin atau mevinolin, serta senyawa monakolin lainnya yang berfungsi sebagai antikolesterol (Tisnadjaja 2006).

Senyawa antioksidan memiliki peran yang sangat penting bagi kesehatan. Berbagai bukti ilmiah menunjukkan bahwa senyawa antioksidan berpotensi mengurangi risiko terhadap penyakit kronis, seperti kanker dan penyakit jantung koroner. Karakter utama senyawa antioksidan adalah kemampuannya untuk menangkap radikal bebas. Radikal bebas merupakan molekul yang sangat reaktif karena memiliki elektron yang tidak

berpasangan dalam orbital luarnya, sehingga dapat bereaksi dengan molekul-molekul sel tubuh dengan cara mengikat elektron molekul sel tersebut (Amrun dan Umiyah 2005). Oleh karena secara kimia molekulnya tidak lengkap, radikal bebas cenderung mengambil partikel sel dari molekul lain, yang kemudian menimbulkan senyawa abnormal dan memulai reaksi berantai yang dapat merusak sel-sel penting dalam tubuh.

Menurut Albert (1989), lovastatin digolongkan ke dalam kelompok obat statin. Lovastatin sebagai agen hiperkolesterolemia mampu menurunkan kadar serum kolesterol, LDL, trigliserol, dan VLDL dalam darah. Amita (2006) menyatakan bahwa dibandingkan penurunan kolesterol lainnya (pengikat asam empedu, asam nikotinat, asam fibrat, penghambat absorpsi terol), kolestatin memiliki efek penurunan LDL-C terbesar. Dengan demikian, kolestatin dijadikan sebagai obat utama untuk mengatasi hiperkolesterolemia.

Menurut Jenie et al. (1994), angkak diproduksi secara tradisional dengan menggunakan substrat beras. Pada umumnya, angkak yang beredar di pasaran terdapat dalam bentuk beras utuh. Winarno dan Titi (1994) menyatakan bahwa berbagai varietas beras dapat digunakan untuk memproduksi angkak, namun beras pera yang memiliki kadar amilosa tinggi lebih sesuai digunakan untuk

memproduksi angkak daripada beras dengan kadar amilosa rendah.

Berbagai varietas beras dapat digunakan sebagai medium pertumbuhan kapang *Monascus purpureus*. Santoso (1985) melaporkan bahwa beras pera dengan kadar amilosa yang tinggi dan amilopektin yang rendah merupakan substrat yang baik untuk pembuatan angkak dan kandungan lovastatinnya. Beras yang lengket (ketan) mempunyai kandungan amilosa yang sangat rendah (<9%), beras yang sangat pulen mempunyai kandungan amilosa yang rendah (9-20%), beras yang pulen memiliki kadar amilosa tinggi (20-25%), sedangkan beras pera memiliki kandungan amilosa yang lebih tinggi, yaitu antara 25-30%. Kandungan protein pada beras umumnya berkisar antara 6-10%.

Substrat beras biasa digunakan dalam produksi pigmen angkak. Substrat lainnya antara lain jagung, singkong, tepung tapioka dan gaplek, ubi, sagu, terigu, suweg, dan kentang serta campuran ongkok-ampas tahu (Yuan 1980). Adapun Rahayu et al. (1993) menyatakan bahwa bahan berkarbohidrat lain, seperti jagung dan cantel, juga dapat digunakan sebagai media pertumbuhan dalam pembuatan angkak.

Jagung merupakan salah satu jenis bahan makanan yang mengandung sumber hidrat arang yang dapat digunakan untuk menggantikan (mensubstitusi) beras, karena jagung memiliki kalori yang hampir sama dengan kalori yang terkandung pada padi. Kandungan protein dan karbohidratnya pun hampir mendekati kandungan protein dan karbohidrat pada padi. Menurut Suarni dan Widowati (2005), komponen utama jagung adalah pati, yaitu sekitar 70% dari bobot biji. Komponen karbohidrat lain adalah gula sederhana, yaitu glukosa, sukrosa, dan fruktosa, 1-3% dari bobot biji. Pati terdiri atas dua jenis polimer glukosa, yaitu amilosa dan amilopektin. Komposisi amilosa dan amilopektin di dalam biji jagung terkendali secara genetik.

Gaplek merupakan salah satu bentuk pengolahan ubi kayu yang paling sederhana. Gaplek terutama mengandung zat pati seperti halnya beras. Tetapi berbeda dengan beras, jagung, dan padi-padian lain, gaplek hanya memiliki kadar protein yang sangat rendah (Hastuti dan Rahardjo 1983). Dari gaplek ubi kayu dapat dibuat tiwul, gatot, dan berbagai macam makanan lainnya (Tjokroadikoesoemo 1986).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai pembuatan angkak dengan menggunakan substrat beras, jagung, dan gaplek. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan substrat berupa beras, jagung, dan gaplek yang merupakan komoditas lokal yang masih jarang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan angkak. Pemilihan jagung dan gaplek sebagai substrat dalam pembuatan angkak dikarenakan jagung dan gaplek memiliki kandungan karbohidrat yang hampir setara dengan beras, selain itu juga harganya yang relatif lebih murah. Penelitian ini juga bertujuan untuk menguji aktivitas antioksidan dan kadar antikolesterol (lovastatin) dalam angkak yang dibuat dari beras, jagung, dan gaplek yang diinokulasi dengan *Monascus purpureus*.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi jenis substrat (beras, jagung, dan gaplek) terhadap aktivitas antioksidan dan kadar antikolesterol pada angkak, serta jenis substrat yang mampu menghasilkan aktivitas antioksidan dan kadar antikolesterol paling tinggi pada angkak.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan dan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta dan Laboratorium Kimia Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian ini dilaksanakan dari November 2009 sampai April 2010.

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat angkak yaitu beras putih (varietas IR64), jagung putih (varietas Srikandi Putih), gaplek (singkong varietas Malang-1), akuades, biakan *M. purpureus* dalam PDA miring. Adapun bahan-bahan yang digunakan untuk analisis aktivitas antioksidan dan kadar antikolesterol adalah metanol, larutan DPPH 0,1 mM, asetonitril, *aquabidest*, dan asam fosfat 0,1%.

Sementara itu, alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pisau, penumbuk, mortar, ayakan, autoklaf, alat pengering, labu takar, pipet ukur, mikropipet, pro-pipet, *hotplate*, bunsen, ose, erlenmeyer, pengaduk, gelas ukur, tabung reaksi, *vortex*, timbangan analitik, spektrofotometer UV-Vis, dan HPLC.

### Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor, yaitu jenis substrat, dengan 3 kali ulangan. Adapun substrat yang digunakan terdiri dari beras, jagung, dan gaplek.

Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3
Substrat beras (B)	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
Substrat jagung (J)	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>
Substrat gaplek (G)	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>

### Cara Kerja

#### Produksi kapang *Monascus purpureus*

Biakan murni *M. purpureus* diperbanyak dengan memindahkan kultur kapang tersebut ke dalam beberapa tabung reaksi yang berisi media PDA miring dan diinkubasi selama 5-7 hari. Tahapan ini dilakukan dengan cara mengambil 1 ose kultur bakteri secara aseptis kemudian diinokulasikan ke dalam tabung reaksi.

#### Pembuatan suspensi *Monascus purpureus*

Pembuatan suspensi *M. purpureus* dilakukan dengan cara 2 ml akuades steril dituangkan ke dalam tabung reaksi

berisi media miring dengan biakan murni *M. purpureus*, kemudian digojog menggunakan ose untuk melepaskan spora-spora *M. purpureus*, selanjutnya dituangkan ke dalam erlenmeyer yang berisi substrat padat beras putih, jagung, maupun gaplek.

#### Pembuatan angkak

Pembuatan angkak dilakukan dengan cara memasukkan 100 gram bahan (beras, jagung, maupun gaplek) rendaman selama 40 jam ke dalam erlenmeyer, kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya, bahan-bahan tersebut didinginkan hingga mencapai suhu sekitar 36°C. Bahan hasil perendaman kemudian diinokulasi dengan 2 ml suspensi *M. purpureus*. Setelah itu, campuran tersebut diaduk hingga rata dan diinkubasi pada suhu 27-32°C selama kurang lebih 30 hari, hingga terbentuknya pigmen merah yang menyelubungi beras yang disebut angkak. Angkak tersebut kemudian dikeringkan dengan alat pengering pada suhu 40°C selama 15 jam. Pengeringan ini bertujuan untuk mengeringkan angkak. Angkak yang sudah kering kemudian dibuat serbuk. Serbuk angkak diekstrak dengan menggunakan metanol untuk diuji aktivitas antioksidan dan diekstrak dengan menggunakan asetonitril untuk diuji kadar antikolesterolnya.

#### Uji aktivitas antioksidan

Analisis terhadap aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH (Osawa dan Namiki 1981). Sebanyak 0,05 gram sampel diekstrak dalam 10 ml metanol, kemudian divorteks selama 1 jam atau didiamkan selama semalam. Dari larutan tersebut diambil 100 µl kemudian diencerkan menjadi 5 ml, ditambahkan 0,1 mM DPPH sebanyak 1 ml, dan divorteks. Sampel disimpan dalam ruang gelap selama 30 menit, kemudian ditera absorbansinya pada panjang gelombang 516 nm.

#### Uji kadar antikolesterol (lovastatin)

Kadar lovastatin dapat diukur dari serbuk angkak. Sebanyak 1 gram serbuk angkak diekstrak dengan 2 ml asetonitril dan 0,1 ml asam fosfat 0,1%, kemudian dibiarkan selama 30 menit, setelah itu larutan disentrifuse dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Selanjutnya sampel disaring dengan kertas Whatman dan supernatan yang dihasilkan diinjeksikan pada kolom HPLC, dengan demikian, kadar antikolesterol dapat diukur (Kasim et al. 2005). Penentuan kadar antikolesterol dilakukan dengan menggunakan HPLC, pada kolom C18, fase gerak metanol:asetonitril:asam formiat:air (35:40:15:10), panjang gelombang ( $\lambda$ ) 254 nm, dan *flow/pressure* 1/88 kg.cm.m<sup>-1</sup>, terhadap ekstrak hasil pemisahan dengan asetonitril. Kadar antikolesterol diperoleh dengan membandingkan luas area lovastatin sampel dengan luas area lovastatin standar. Sebagai standar digunakan tablet lipovas 200 mg yang mengandung 20 mg lovastatin (Nauli dan Udin 2006).

#### Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya dianalisis dengan metode ANOVA dan apabila terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan uji beda nyata menggunakan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada tingkat signifikansi  $\alpha=0,05$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Aktivitas Antioksidan Angkak

Kapang *M. purpureus* menghasilkan metabolit, antara lain zat warna, zat antihiperkolesterolemia, asam-asam organik, dan enzim. Zat warna *Monascus* terdiri dari *ankaflavine* dan *monascine* (berwarna kuning), *rubropunctatine* dan *monascorubrine* (jingga), serta *rubropunctamine* dan *monascorubramine* (ungu) (Pastrana et al. 1995; Lakrod et al. 2000). Beras yang diinokulasi dengan *Monascus* memiliki kemampuan yang lebih besar dalam mereduksi, *scavenging*, dan kemampuan mengkelat serta memiliki kandungan total fenol yang lebih tinggi dibandingkan dengan beras yang tidak diinokulasi (Kim et al. 2007).

Menurut Chairate et al. (2009), antioksidan dalam angkak terdiri dari beberapa senyawa seperti flavonoid, polifenol, karotenoid, alkaloid, dan vitamin. Beberapa metabolit sekunder yang diproduksi oleh jamur *Monascus* merupakan komponen yang tersusun atas poliketida. Komponen tersebut adalah pigmen dan komponen fenolik yang memiliki aktivitas antioksidan. Produksi pigmen yang semakin pekat diiringi dengan kenaikan jumlah antioksidan yang dihasilkan. Adapun Aniya et al. (2000) melaporkan bahwa satu dari metabolit sekunder dari *Monascus* merupakan senyawa antioksidan dalam bentuk *dimerumic acid* yang akan menghambat NADPH dan besi penyebab peroksidasi lemak. Wong dan Bau (1977) menyatakan bahwa *Monascus* mampu menghasilkan antioksidan dan asam dimerumat (*dimerumic acid*).

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa aktivitas antioksidan angkak yang dibuat dari berbagai substrat berkisar antara 42,8333-45,6100%. Angkak dari beras memiliki aktivitas antioksidan paling tinggi apabila dibandingkan dengan aktivitas antioksidan angkak dari jagung dan gaplek. Hal ini dikarenakan angkak dari beras mempunyai pigmen warna yang lebih pekat apabila dibandingkan dengan angkak dari jagung dan gaplek. Menurut Chairate et al. (2009), produksi pigmen yang semakin pekat diiringi dengan kenaikan jumlah antioksidan yang dihasilkan. Menurut Widjayanti (2000), pembentukan pigmen kuning, merah, dan oranye dengan substrat *cassava* sangat rendah dibandingkan dengan substrat beras. Perbedaan komposisi nutrisi dari masing-masing substrat juga dapat mempengaruhi produksi pigmen. Vitamin B (Lin 1973), asam amino (McHan dan Johnson 1970) dan garam *zinc* (Lin dan Demain 1991) dapat mempengaruhi produksi pigmen. Kandungan protein beras umumnya berkisar antara 6-10%. Beras juga mengandung vitamin B, fosfat, kalium, asam amino, dan garam *zinc*. Kandungan senyawa-senyawa tersebut dapat mempengaruhi produksi pigmen (Lin 1973).

**Tabel 1.** Aktivitas antioksidan dan kadar antikolesterol angkak dari berbagai jenis substrat

Sampel	Aktivitas Antioksidan (%)	Kadar Anti-kolesterol (%)
Angkak dari gaplek	42,8333 <sup>a</sup>	0,013200 <sup>a</sup>
Angkak dari jagung	44,0500 <sup>b</sup>	0,022833 <sup>b</sup>
Angkak dari beras	45,6100 <sup>c</sup>	0,026600 <sup>c</sup>

Keterangan: Angka dengan notasi yang sama berarti tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%.

Produksi pigmen berlawanan dengan tingkat kepulenan (*stickiness*) substrat (Widjayanti 2000). Pembentukan angkak yang kurang baik terjadi pada gaplek. Hal ini dikarenakan gaplek lebih pulen dari beras dan jagung. Tingkat kepulenan berkaitan erat dengan kandungan amilosa. Semakin tinggi kandungan amilosa maka semakin rendah tingkat kepulenan (semakin pera) suatu bahan. Singkong memiliki kandungan amilosa antara 17-25% (Ceballos 2007), beras IR64 memiliki kandungan amilosa 24% (Riwan 2008), dan jagung putih mengandung amilosa 31,05% (Suarni 2005). Apabila ditinjau dari kandungan amilosa maka jagung memiliki kandungan amilosa paling tinggi. Akan tetapi, aktivitas antioksidan angkak yang dihasilkan dari jagung ternyata lebih rendah dari beras. Hal ini dikarenakan jagung putih tergolong jagung mutiara (*Zea mays var. indurata*) yang mempunyai bentuk agak bulat dengan bagian luar keras dan licin. Penyebab biji yang keras yaitu karena bagian luar endosperma seluruhnya terdiri dari pati keras yang menguntungkan sebagai daya tahan terhadap serangan hama dan jamur (Noble dan Andrizal 2003). Oleh karena itu, miselia dari *Monascus* sulit untuk menembus lapisan endosperma biji jagung, sehingga aktivitas antioksidan yang dihasilkan menjadi kurang optimal.

#### Kadar Antikolesterol (Lovastatin) Angkak

Lovastatin adalah suatu *pro-drug* yang di dalam tubuh akan segera terhidrolisis menghasilkan suatu senyawa yang dapat menghambat kerja dari HMG-CoA reduktase, yaitu sebuah enzim yang berfungsi untuk mengkatalisis perubahan HMG-CoA menjadi mevalonat yang merupakan sebuah tahapan penting dalam biosintesis kolesterol. Aktivitas penghambatan enzim tersebut mampu meningkatkan densitas reseptor LDL dalam sel hati, sehingga mengakibatkan penurunan LDL kolesterol. Aktivitas lovastatin tersebut memiliki arti penting secara medis sebagai obat antihiperkolesterolemia (Hardmann et al. 1996) dan diindikasikan dapat menurunkan risiko arteriosklerosis (Cottingham 1998).

Lovastatin merupakan produk metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Monascus* setelah fase stasioner pada pertumbuhan *Monascus*. Pembentukan produk metabolit sekunder tersebut dihasilkan oleh mikroorganisme sebagai upaya untuk mempertahankan hidup dalam kondisi terbatasnya nutrien. Ciri-ciri dari metabolit sekunder tersebut adalah metabolit tersebut umumnya tidak diproduksi selama fase pertumbuhan cepat (trofofase), tetapi dibentuk selama tahap produksi subsekuen (idiofase) (Kasim et al. 2006).

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa kadar antikolesterol angkak yang dibuat dari berbagai substrat berkisar antara 0,013200-0,026600%. Angkak dari beras memiliki kadar antikolesterol paling tinggi apabila dibandingkan dengan kadar antikolesterol angkak dari jagung dan gaplek. Menurut Chang et al. (2002), produksi lovastatin atau mevacor pada medium beras lebih tinggi kandungannya dari substrat yang lain.

Hal ini dikarenakan beras mengandung asam amino metionin yang merupakan asam amino esensial bagi biosintesis lovastatin karena merupakan *precursor*

langsung (Stocking dan Williams 2003). Asam amino metionin pada beras lebih tinggi daripada jagung dan gaplek. Asam amino metionin pada beras sebesar 0,16%, sedangkan kandungan metionin pada jagung putih dan singkong berturut-turut sebesar 0,067% dan 0,011%.

Pigmen juga dapat mengindikasikan banyaknya lovastatin yang diproduksi (Kasim et al. 2006). Semakin pekat warna pigmen yang dihasilkan maka semakin banyak lovastatin yang diproduksi. Hal ini terbukti dengan angkak dari beras mempunyai pigmen warna yang lebih pekat apabila dibandingkan dengan angkak dari jagung dan gaplek.

Selain memproduksi pigmen, *Monascus* juga menghasilkan enzim  $\alpha$  dan  $\beta$ -amilase, glukamilase, protease, dan lipase (Lin 1973; Steinkraus 1983). Kapang *M. purpureus* menghasilkan enzim amilase yang berfungsi menghidrolisis amilosa menjadi glukosa dan maltosa melalui pemutusan ikatan (1,4)-glukosida. Glukosa mudah digunakan untuk metabolisme mikroba (Kasim et al. 2006). Oleh karena itu, semakin tinggi kandungan amilosanya maka semakin banyak amilosa yang terhidrolisis, sehingga semakin banyak lovastatin yang diproduksi. Singkong memiliki kandungan amilosa antara 17-25% (Ceballos 2007), beras IR64 memiliki kandungan amilosa 24% (Riwan 2008), dan jagung putih mengandung amilosa 31,05% (Suarni 2005). Apabila ditinjau dari kandungan amilosa maka jagung memiliki kandungan amilosa paling tinggi. Akan tetapi, kadar antikolesterol angkak yang dihasilkan dari jagung ternyata lebih rendah dari beras. Hal ini dikarenakan jagung putih tergolong jagung mutiara (*Zea mays var. indurata*) yang mempunyai bentuk agak bulat dengan bagian luar keras dan licin. Penyebab biji yang keras disebabkan oleh bagian luar endosperma seluruhnya terdiri dari pati keras yang menguntungkan sebagai daya tahan terhadap serangan hama dan jamur (Noble dan Andrizal 2003). Oleh karena itu, miselia dari *Monascus* sulit untuk menembus lapisan endosperma biji jagung, sehingga kadar antikolesterol yang dihasilkan menjadi kurang optimal.

#### KESIMPULAN

Jenis substrat mempunyai pengaruh terhadap aktivitas antioksidan dan kadar antikolesterol dari angkak yang dihasilkan. Angkak dari beras memiliki aktivitas antioksidan paling tinggi (45,6100%) apabila dibandingkan dengan aktivitas antioksidan angkak dari jagung (44,0500%) dan gaplek (42,8333%). Angkak dari beras memiliki kadar antikolesterol paling tinggi (0,026600%) apabila dibandingkan dengan kadar antikolesterol angkak dari jagung (0,022833%) dan gaplek (0,013200%). Angkak dari beras memiliki aktivitas antioksidan dan kadar antikolesterol paling tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alberts AW. 1989. Lovastatin. Cardiovascular Drug Rev 7: 89-109.  
Amita. 2006. Optimalisasi manfaat statin. [www.majalah-farmacia.com](http://www.majalah-farmacia.com). [18 Juli 2009].

- Amrun MH, Umiyah. 2005. Pengujian antiradikal bebas Difenilpikril Hidrazil (DPPH) ekstrak buah kenit (Chrysophyllum cainito L.) dari daerah sekitar Jember. Jurnal Ilmu Dasar 6 (2): 110-114.
- Aniya Y, Ohtani II, Higa T, Miyagi C, Gibo H, Shimabukuro M, Nakanishi H, Taira J. 2000. Dimeric acid as an antioxidant of the mold, *Monascus anka*. Free Radic Biol Med 28(6):999-1004.
- Ardiansyah. 2005. Minum angkak menyehatkan. www.journal.agric.food.chem.com. [18 Juli 2009].
- Aryantha NP, Widayanti S, Yuanita. 2004. Eksplorasi fungi *Deuteromycetes* (*Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp.) penghasil senyawa antikolesterol. Laporan Akhir Penelitian Dasar. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Ceballos H. 2007. Penemuan: Singkong lebih bernutrisi. www.indobic.or.id. [31 Januari 2010].
- Chairrote E, Chairrote Griangsak, Lumyong S. 2009. Red yeast rice prepared from Thai glutinous rice and the antioxidant activities. Chiang Mai J Sci 36(1): 42-49.
- Chang YN, Huang JC, Lee CC, Shih IL and Tzeng YM. 2002. Use of response surface methodology to optimize culture medium for production of lovastatin by *Monascus ruber*. Enzyme Microb Technol 30: 889-894.
- Cottingham, J., 1998, Lovastatin/ Mevacor™: Cholesterol Control , The Parkins List Drug Database Index, 1-3.
- Hardmann, J.G. et al. , (eds.). 1996. Goodman and Gilman's The Pharmaceutical Basis of Therapeutics , McGraw-Hill Book Co., New York.
- Hastuti P, Rahardjo P. 1983. Pengolahan hasil tanaman serealia dan palawija. Depdiknas, Jakarta.
- Jenie BSL, Ridawati, Rahayu WP. 1994. Produksi angkak oleh *Monascus purpureus* dalam medium limbah cair tapioka, ampas tapioka dan ampas tahu. Buletin Teknologi dan Industri Pangan 5(3): 60-64.
- Kasim E, Astuti S, Nurhidayat N. 2005. Karakterisasi pigmen dan kadar lovastatin beberapa isolat *Monascus purpureus*. Biodiversitas 6(4): 247-250.
- Kasim E, Suharna N, Nurhidayat N. 2006. Kandungan pigmen dan lovastatin pada angkak beras merah kultivar Bah Butong dan BP 1804 IF 9 yang difermentasi dengan *Monascus purpureus* Jmba. Biodiversitas 7(1): 7-9.
- Kim SY, Yoon SK, Young SK et al. 2007. The application of monascal rice in rice beverage preparation. www.net-lanna.info. [5 Februari 2010].
- Lakrod K, Chaisrisook C, Skinner DZ. 2003. Tanasformation of *Monascus purpureus* to hygromycin B resistance with cosmid pMOcosX reduces fertility. Mol Biol Genet 6 (2). <http://www.scielo.cl/pdf/ejb/v6n2/a07.pdf>
- Lin TF, Demain AL. 1991. Effect of nutrition of *Monascus* sp. on formation of red pigments. J Appl Microbiol Biotechnol 36: 70-75.
- Lin TF. 1973. Isolation and cultural conditions of *Monascus* sp for the production of pigment in a submerged culture. J Ferment Technol 51: 135-142.
- McHan E, Johnson GT. 1970. Zinc and amino acids: important components of a medium promoting growth of *Monascus purpureus*. Mycologia 62: 1018-1031.
- Nauli T, Udin LZ. 2006. Model fermentasi lovastatin. Akta Kimindo 1(2): 99-104.
- Noble P, Andrizal. 2003. Pedoman penanganan pasca panen jagung. Direktorat Pengolahan dan Pemasaran Hasil Tanaman Pangan, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Osawa T, Namiki MA. 1981. A novel type of antioxidant isolated from leaf wax of *Eucalyptus* leaves. Agric Biol Chem 45: 735-739.
- Pastrana, L., P.J. Blanc, A.L. Santerre, M.O. Loret, and G. Goma. 1995. Production of red pigments by *Monascus ruber* in synthetic media with a strictly controlled nitrogen source. Process Biochem 30 (4): 333-341.
- Rahayu ES, Indrati R, Utami T et al. 1993. Bahan pangan hasil fermentasi. PAU Pangan dan Gizi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Riwan. 2008. Hubungan antara varietas dengan komposisi beras. <http://teknologi-hasil-pertanian.blogspot.com>. [18 Juli 2009].
- Santoso, G.S.B. 1985. Produksi pewarna alami angkak dengan media fermentasi beras sosoh. Media Teknologi dan Pangan 11 (2): 34-38.
- Steinkraus KH. 1983. Handbook of Indigenous Fermented Foods. Marcel Dekker Inc., New York.
- Stocking, E.M., and R.M. Williams. 2003. Chemistry and biology of biosynthetic Diels-Alder reactions. Angewandte Chem Intl 42: 3078-3115.
- Suarni, Widowati S. 2005. Struktur, komposisi, dan nutrisi jagung. balitsereal.litbang.deptan.go.id. [14 Juli 2009].
- Suarni. 2005. Karakteristik fisikokimia dan amilograf tepung jagung sebagai bahan pangan. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Makassar, 29- 30 September 2005. p. 440-444.
- Timotius KH. 2004. Produksi pigmen angkak oleh *Monascus*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan 15(1): 79-86.
- Tisnadaja D. 2006. Bebas kolesterol dan demam berdarah dengan angkak. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Tjokroadikoesomo S. 1986. HFS dan industri ubi kayu lainnya. Gramedia, Jakarta.
- Widjayanti RDE. 2000. Membandingkan beras dan cassava sebagai substrat untuk produksi pigmen *Monascus* dengan fermentasi padat. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia 2(2): 23-26.
- Winarno FG, Titi SR. 1994. Bahan tambahan untuk makanan dan kontaminan. Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Wong HC, Bau YS. 1977. Pigmentation and antibacterial activity of fast-neutron-X-ray- induced strains of *Monascus purpureus*. Went. Plant Physiol 60: 578-581.
- Yuan CS. 1980. Fermentative production of anka pigments (*Monascus pigments*). Proceeding of the Oriental Fermented Foods. Bangkok, Thailand.