

POLA PRODUKSI PIGMEN *MONASCUS* OLEH *MONASCUS* SP. KJR 2 PADA MEDIA BIJI DURIAN VARIETAS PETRUK MELALUI FERMENTASI PADAT

(A model of monascus pigments production by Monascus sp. KJR 2 cultivated on petruk durian seeds through solid state fermentation)

Stephanie Rosarie Dina Puspitadewi^a, Ignatius Srianta^{a*}, Netty Kusumawati^a

^a Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Indonesia

* Penulis korespondensi
Email: srianta2601@gmail.com

ABSTRACT

Angkak (red yeast rice) is rice fermented by *Monascus* sp. *Monascus* sp. KJR 2 is an isolate from red yeast rice in Kertajaya area. Based on previous study, it is known that KJR 2 is a potential isolate to produce pigments. Petruk durian is kind of tropical fruit that developed in Indonesia. Chemical composition of Petruk durian seeds are 33.68% of starch, 4.13% of protein, 1.00% of fat, 1.62% of minerals, and 84.06% of moisture in dry basis. A sorted Petruk durian seeds were boiled in Ca(OH)₂, washed, and peeled-off the skin. Durian seeds were cut into cubes (± 1 cm³), sterilized, and inoculated with *Monascus* sp. KJR 2 starter culture. It was incubated for 16 days with sampling on 4th, 6th, 8th, 10th, 12th, 14th, and 16 th days and was analyzed for the ethanol-soluble pigments, water-soluble pigments, and Total Mould. This study was conducted with four (4) replications and regression analysis was used to determine the correlation between fermentation time and *Monascus* sp. KJR 2 pigments production. Growth of *Monascus* sp. KJR 2 increased up to 4th day (6,4592 log cfu/g), stationary phase occurred at 6th day (6,3532 log cfu/g) up to 12thday (6,7213 log cfu/g), and death phase begin at 14thday (6,5944 log cfu/g). Production of ethanol-soluble red and yellow pigments increased up to 10thday (1,032 AU/g and 0,866 AU/g), whereas production of orange pigments up to 12thday (0,573 AU/g). Production of water-soluble yellow, orange, and red pigments increased up to 14 th day with yields at 6,458 AU/g, 3,781 AU/g, and 3,265 AU/g.

Keywords: antioxidant, chayenne, chili, phenolic

ABSTRAK

Angkak (red yeast rice) merupakan hasil fermentasi beras oleh *Monascus* sp. *Monascus* sp. KJR 2 merupakan isolat dari beras angkak di daerah Kertajaya. Secara tradisional, *Monascus* sp. ditumbuhkan di beras atau roti melalui fermentasi padat. Komposisi kimia dari biji durian Petruk yaitu 33,68% pati, 4,13% protein, 1,00% lemak, 1,62% abu, dan 84,06% air (dalam satuan berat kering).. Biji durian Petruk yang telah disortasi, direbus dengan larutan Ca(OH)₂ dan dicuci, kemudian dihilangkan kulitnya, dipotong berbentuk kubus (± 1 cm³), disterilisasi, dan diinokulasi dengan *Monascus* sp. KJR 2. Proses fermentasi dilakukan selama 16 hari dengan pengambilan sampel pada hari ke-4, 6, 8, 10, 12, 14, dan 16 untuk dianalisa kadar pigmen larut etanol, pigmen larut air, dan Total Kapang. Penelitian dilakukan dengan empat (4) kali ulangan percobaan dan menggunakan analisa regresi untuk mengetahui bentuk hubungan antara lama waktu fermentasi dengan produksi pigmen *Monascus* sp. KJR 2. Pertumbuhan *Monascus* sp. KJR 2 meningkat hingga hari ke-4 (6,4592 log cfu/g), fase stasioner terjadi pada hari ke-6 (6,3532 log cfu/g) hingga hari ke-12 (6,7213 log cfu/g), dan memasuki fase kematian pada hari ke-14 (6,5944 log cfu/g). Produksi pigmen kuning dan merah larut etanol meningkat hingga hari ke-10 dengan kadar 1,032 AU/g dan 0,866 AU/g, sedangkan pigmen oranye meningkat hingga hari ke-12 dengan kadar 0,573 AU/g.

Produksi pigmen kuning, oranye, dan merah larut air meningkat hingga hari ke-14 dengan kadar 6,458 AU/g, 3,781 AU/g, dan 3,265 AU/g.

Kata kunci: antioksidan, cabai, fenol, rawit

PENDAHULUAN

Mutu bahan pangan umumnya ditentukan oleh beberapa faktor yaitu cita rasa, tekstur, nilai gizi, dan sifat mikrobiologisnya. Akan tetapi sebelum mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, faktor kenampakan secara visual seperti warna bahan pangan akan terlihat terlebih dahulu dan sangat menentukan penerimaan konsumen. Pewarna bahan pangan dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu pewarna alami dan pewarna sintetis.

Angkak (*red yeast rice*) merupakan hasil fermentasi beras oleh fungi *Monascus sp.* yang menghasilkan pigmen berwarna merah. Angkak sering digunakan sebagai pewarna saus, yoghurt, kue, sari buah, pengganti nitrit pada produk curing, dan sebagai pengawet buah, sayur, serta produk ikan. Keunggulan pewarna alami yang diperoleh dari mikroorganisme seperti angkak yaitu memiliki kestabilan pigmen yang lebih tinggi pada range pH dan suhu yang lebih tinggi (Steinkraus, 1983).

Monascus sp. mampu menghasilkan pigmen pada media padat dan media cair. Beberapa kelebihan menggunakan media padat yaitu lebih efisien, substrat mudah didapat, tingkat produktivitasnya tinggi, teknik sederhana, biaya investasi rendah, dan kebutuhan energi rendah (Tanyildizi *et al.*, 2007 dalam Sa'adah dkk., 2010). Pigmen yang dihasilkan oleh *Monascus sp.* dibedakan menjadi tiga kategori yaitu pigmen kuning (monascin dan ankaflavin), pigmen oranye (*rubropunctatin* dan *monascorubrin*), dan pigmen merah (*rubropunctamin* dan *monascorubramin*) (Sweeny *et al.*, 1981). Pigmen-pigmen yang dihasilkan tersebut terdiri dari dua jenis yaitu pigmen ekstraseluler yang dapat diekstraksi dengan air dan pigmen intraseluler yang dapat diekstraksi dengan pelarut klorofom,

metanol, etanol, serta aseton karena bersifat larut dalam alkohol (Broder dan Koehler, 1980).

Produksi pigmen secara konvensional umumnya menggunakan beras sebagai media pertumbuhan melalui fermentasi padat. Beras merupakan substrat yang baik untuk pertumbuhan *Monascus sp.* karena memiliki komposisi kimiawi yang kompleks. Menurut Ganrong *et al.* (1998), komposisi kimiawi beras terdiri dari 77% pati, 6,7% protein, 0,8% lemak, 0,2% selulosa, dan 0,5% mineral.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Biji durian varietas Petruk yang berwarna coklat kekuningan dan berbentuk oval diperoleh dari Desa Matesih, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Kultur murni *Monascus sp.* KJR 2 diperoleh dari Laboratorium Pusat Penelitian Pangan dan Gizi, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Media untuk peremajaan kultur *Monascus sp.* KJR 2 adalah Sabouraud 4% Dextrose Agar (Merck 1.05438.0500). Media untuk produksi *starter* adalah Sabouraud 2% Dextrose Broth (Merck 1.08339.0500). Bahan untuk menghilangkan lendir dari biji durian adalah larutan Ca(OH)_2 5% (b/v). Bahan untuk adalah akuades, etanol 90% (berasal dari pengenceran etanol 96%), Sabouraud 4% Dextrose Agar (Merck 1.05438.0500).

Pembuatan Kultur *Starter Monoscup sp.* KJR 2

Pembuatan kultur stok dilakukan dengan mengambil koloni kapang sebanyak dua ose (berkolong) dan digoreskan dengan metode *zigzag* dari bawah ke atas pada media SDA miring. Kultur *stock* ini diinkubasi dalam lemari pada suhu ruang ($30\pm 1^\circ\text{C}$) selama 7 hari dan kemudian

disimpan dalam refrigerator (4°C). Inkubasi kultur *stock* membutuhkan waktu selama 7 hari karena di bagian permukaan media telah dipenuhi oleh koloni kapang dan media di bagian bawah media sudah berwarna merah pada hari tersebut.

Pembuatan kultur *starter* dilakukan dengan mengambil koloni kapang sebanyak enam ose (berkolong) dari kultur *stock* kemudian diinokulasikan ke dalam 100 mL SDB dan diinkubasi dalam lemari pada suhu ruang (30±1°C) selama 10 hari. Pada awal inkubasi, koloni kapang berada di dasar media kemudian akan melayang dan berada di atas permukaan media pada hari berikutnya.

Pembuatan Produksi Pigmen *Monascus sp.* KJR 2

Biji durian dilakukan sortasi dan pencucian, kemudian direbus pada suhu 85-90°C selama 10 menit dengan larutan Ca(OH)₂ 5% (b/v) : biji durian = 1 : 1. Biji durian dicuci dengan air mengalir, kemudian dihilangkan kulitnya. Biji dilakukan pemotongan dengan ukuran ± 1 cm³. Biji ditimbang sebanyak 50 g, kemudian diisikan pada 7 buah erlenmeyer. Masing-masing erlenmeyer dibedakan berdasarkan waktu fermentasi, yaitu hari ke-4, 6, 8, 10, 12, 14, dan 16. sterilisasi biji durian dalam Erlenmeyer dengan autoklaf (121°C, 15 lbs/inch²) selama 10 menit. Pendinginan dilakukan selama 5-10 menit hingga suhu mencapai 30±1°C. Setelah media dingin, dilakukan inokulasi 6% v/b *starter* menggunakan pipet steril 1 mL secara aseptis. Setelah diinokulasi dengan *starter*, biji durian diinkubasi pada suhu ruang (30±1°C) dalam lemari. Selama proses fermentasi, dilakukan pengocokan untuk menghomogenkan spora kapang. Angkak biji durian dilakukan pemisahan untuk pengujian ALT pada perbedaan hari. Angkak biji durian dilakukan pengeringan pada suhu 45°C selama 24 jam, kemudian dihancurkan. Bubuk angkak dilakukan analisa kadar pigmen larut air dan larut etanol.

Total Kapang Kultur *Starter Monascus sp.* KJR 2

Jumlah spora dalam *starter* yang akan diinokulasikan ke dalam media biji durian. Inkubasi dilakukan di dalam lemari pada suhu 30±1°C selama 3 hari. Perhitungan total kapang dilakukan pada hari ke-3 inkubasi dan diamati kembali pada hari ke-4 untuk memastikan bahwa yang terhitung pada hari ke-3 adalah kapang *Monascus*. Ciri-ciri kapang *Monascus sp.* KJR 2 yang dihitung sebagai koloni yaitu *Monascus sp.* KJR 2 dengan miselia berwarna putih, kuning, oranye, dan merah. Data hasil perhitungan total kapang dinyatakan sebagai *Colony Forming Unit* per mL kultur *starter* (cfu/mL).

Kadar Pigmen *Monascus sp.* KJR 2 Larut Etanol

Analisa kadar pigmen *Monascus sp.* KJR 2 larut etanol dilakukan dengan spektrofotometri. Bubuk angkak ditimbang secara kasar di dalam Erlenmeyer sebanyak 3 g dan ditambahkan 15 mL etanol 90%. Tahap selanjutnya adalah homogenisasi menggunakan shaking *waterbath* pada suhu kamar (30±1°C) dengan kecepatan 200 rpm selama 1 jam. Kemudian, larutan angkak yang berada di dalam Erlenmeyer dipindahkan ke dalam tabung sentrifus dan disentrifus dengan pengaturan suhu 27°C, kecepatan 5000 rpm, selama 30 menit pada alat sentrifus. Setelah disentrifugasi, terdapat dua bagian yang terpisah yaitu endapan dan supernatan. Supernatan disaring menggunakan kertas saring Whatman no. 1 dan diperoleh filtrat yang berada di dalam tabung reaksi. Filtrat yang dihasilkan dianalisa menggunakan spektrofotometer. Sebagian larutan dalam labu takar dituang ke dalam kuvet untuk dianalisa menggunakan spektrofotometer dengan λ392 (pigmen kuning), λ470 (pigmen oranye) dan λ501 (pigmen merah). Blanko yang digunakan dalam pengukuran yaitu etanol 90%. Data absorbansi dinyatakan dalam satuan *Absorbance Unit* per gram sampel (AU/g).

Analisa Kadar Pigmen *Monascus sp.* KJR 2 Larut Air

Analisa kadar pigmen *Monascus sp.* KJR 2 larut air dilakukan dengan spektrofotometri. Metode analisa kadar pigmen larut air ini sama dengan metode analisa kadar pigmen larut etanol, akan tetapi pelarut dan blanko yang digunakan yaitu akuades.

Analisis Statistik

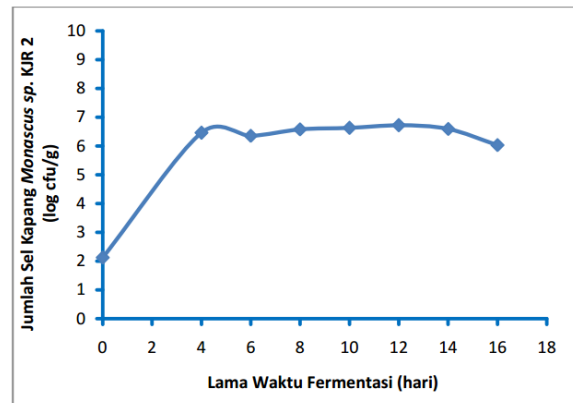
Faktor yang diteliti adalah pengaruh lama waktu fermentasi. Pengamatan dilakukan setiap hari (intensitas pertumbuhan kapang dan warna merah pada biji durian) selama 16 hari dan pada hari ke-4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 dilakukan pengujian total kapang, kadar pigmen larut air, dan kadar pigmen larut etanol. Penelitian dilakukan dengan empat (4) kali ulangan percobaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Monascus sp. merupakan kapang jenis *ascomycetes* yang mampu menghasilkan metabolit sekunder berupa pigmen merah, kuning, dan oranye. Pada umumnya, *Monascus sp.* ditumbuhkan pada media beras melalui fermentasi padat yang sering disebut dengan angkak. Penggunaan biji durian sebagai media pertumbuhan *Monascus sp.* KJR 2 dilakukan pada penelitian ini. Produksi pigmen *Monascus* dari kapang *Monascus sp.* KJR 2 dalam penelitian ini menggunakan media biji durian varietas Petruk.

Pertumbuhan merupakan pertambahan volume sel oleh karena pertambahan protoplasma dan senyawa asam nukleat yang melibatkan sintesis DNA dan pembelahan mitosis. Fungi akan menguraikan senyawa kompleks pada substrat menjadi senyawa yang lebih sederhana yang dapat diserap ke dalam sel. Senyawa sederhana ini digunakan untuk mensintesis bagian-bagian sel dan sebagai sumber energi (Gandjar dkk., 2006). Beberapa faktor lingkungan yang berpengaruh pada pertumbuhan *Monascus sp.* pada substrat padat selain komposisi kimia media antara lain kelembaban, oksigen atau aerasi, pH, suhu dan kualitas inokulum.

Kelembaban merupakan faktor penting untuk produksi pigmen karena menentukan peningkatan aktivitas glukamilase. Kelembaban yang tinggi akan menghasilkan lebih banyak glukosa oleh karena aktivitas *glukoamilase* (Timotius, 2004). Pertumbuhan *Monascus sp.* KJR 2 pada media biji durian Petruk dipengaruhi oleh komposisi kimia biji durian tersebut. Senyawa karbohidrat seperti pati biji durian Petruk (dengan kadar 33,68% db) dapat dijadikan sebagai sumber karbon bagi pertumbuhan kapang *Monascus sp.* KJR 2. Pada awal fermentasi, jumlah total kapang *starter Monascus sp.* KJR 2 yang diinokulasikan ke dalam media biji durian Petruk berkisar antara 3,2553-3,3802 log cfu/mL. Pola pertumbuhan *Monascus sp.* KJR 2 pada media biji durian Petruk ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Pola Pertumbuhan *Monascus sp.* KJR 2 Pada Media Biji Durian Petruk

Pada awalnya, enzim ekstraseluler yang dimiliki *Monascus sp.* KJR 2 dieksekresikan ke media biji durian untuk menguraikan substrat yang tersedia pada media dalam bentuk senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga *Monascus sp.* KJR 2 memperoleh nutrisi untuk energi pertumbuhannya. Enzim ekstraseluler berupa α -amilase, β -amilase, dan glukamilase akan dieksekresikan untuk menghidrolisa (katabolisme) amilosa dan amilopektin menjadi dekstrin, maltosa, dan glukosa. Glukosa akan diserap untuk dijadikan sumber energi dalam bentuk ATP melalui jalur glikolisis dan digunakan untuk mensintesa (anabolisme) bagian-bagian sel fungi seperti lemak, karbohidrat, protein, dan asam nukleat (Garraway dan Evans, 1984;

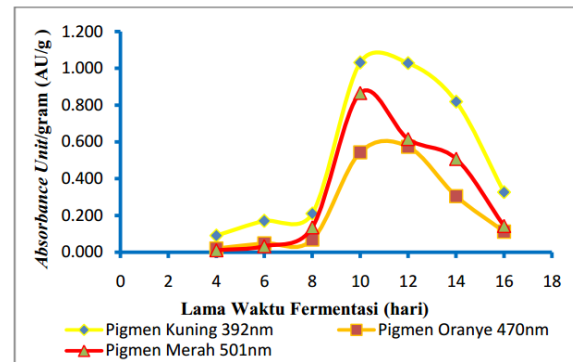
Gandjar dkk., 2006). Enzim lain seperti protease juga diekskresikan untuk menguraikan protein menjadi asam-asam amino sebagai sumber nitrogen. Pada hari ke-3 hingga ke-4 fermentasi, bintik-bintik putih bertambah banyak dan memenuhi seluruh permukaan media. Pada saat ini, hifa dari kapang akan membentuk cabang dan mulai menyebar ke seluruh permukaan media sehingga nutrisi yang telah diuraikan oleh enzim ekstraseluler menjadi senyawa yang lebih sederhana dapat diserap masuk ke dalam sel. terjadi antara hari ke-6 hingga hari ke-14 fermentasi. Pada fase ini, metabolit sekunder seperti pigmen diproduksi. Hal ini ditunjukkan dengan hasil pengamatan secara kualitatif yaitu intensitas warna merah meningkat pada permukaan media biji durian Petruk dari hari ke-6 hingga hari ke-12 fermentasi.

Pigmen *Monascus sp.* merupakan metabolit sekunder yang disintesa melalui jalur poliketida. Jalur ini diawali dengan kondensasi asetat dan malonat, yang pada akhir biosintesis akan terjadi reaksi esterifikasi asam lemak dengan gugus kromofor untuk mendapatkan senyawa pigmen. Kapang *Monascus sp.* mampu memproduksi enam jenis pigmen intraseluler yang terbagi menjadi tiga kategori yaitu pigmen kuning (*ankraflavin* dan *monascin*), pigmen oranye (*rubropunctatin* dan *monascorubrin*), dan pigmen merah (*rubropunctamin* dan *monascorubramin*) (Blanc *et al.*, 1998; Dufossé *et al.*, 2005). Pembentukan pigmen *Monascus sp.* diawali dengan terbentuknya pigmen oranye. Pigmen merah dan kuning merupakan turunan dari pigmen oranye. Tabel 1. Menunjukkan Total Kapang *Monascus sp.* KJR 2 Angkak Biji Durian Petruk.

Tabel 1. Total Kapang *Monascus sp.* KJR 2 Angkak Biji Durian Petruk

Waktu Fermentasi	ALT Kapang (log cfu/g)
Hari ke- 0	2,1199
Hari ke- 4	6,4592
Hari ke- 6	6,3532
Hari ke- 8	6,5809
Hari ke- 10	6,6288
Hari ke- 12	6,7213
Hari ke- 14	6,5944
Hari ke- 16	6,0327

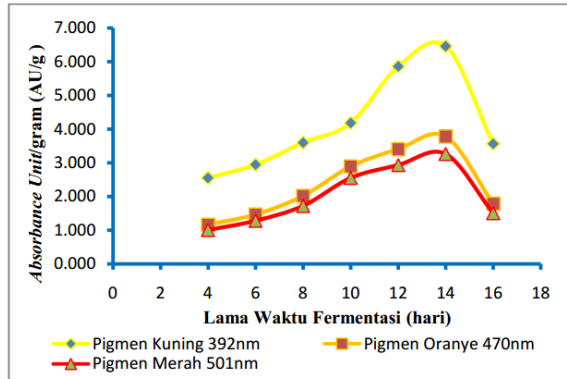
Pengamatan kualitatif produksi pigmen *Monascus sp.* KJR 2 dilakukan dengan mengamati secara visual intensitas warna merah yang tampak pada permukaan biji durian Petruk, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran pigmen secara kuantitatif menggunakan metode spektrofotometri pada tiga panjang gelombang sebagai puncak penyerapan tiap pigmen yaitu λ 392 nm untuk pigmen kuning, λ 470 nm untuk pigmen oranye, dan λ 501 nm untuk pigmen merah. Pada pengamatan secara kualitatif, warna merah muda mulai tampak pada hari ke-3 hingga ke-4 fermentasi. Pada hari ke-5 fermentasi, warna merah muda tersebut menjadi lebih merah. Intensitas warna merah ini semakin meningkat hingga hari ke-12 fermentasi dan hanya bertambah sedikit pada hari berikutnya. Pola produksi pigmen larut etanol *Monascus sp.* KJR 2 pada media biji durian Petruk ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Pola Produksi Pigmen Larut Etanol *Monascus sp.* KJR 2 Pada Media Biji Durian Petruk

Setelah mencapai optimum, produksi ketiga pigmen *Monascus sp.* KJR 2 mengalami penurunan hingga hari ke-16 fermentasi. Penurunan pigmen mungkin disebabkan oleh ketidakstabilan pigmen *Monascus sp.*, sehingga pigmen akan bertransformasi membentuk komponen lain yang tidak terdeteksi pada panjang gelombang λ 392, λ 470, dan λ 501 nm. Menurut Jung *et al.* (2005), pigmen *Monascus sp.* sangat rentan terhadap cahaya matahari dan mengalami dekolerasi dengan cepat. Cahaya matahari dapat

mendegradasi pigmen merah dan membentuk komponen lain yang berwarna coklat. Warna coklat ini terbentuk oleh adanya dekomposisi atau kombinasi komponen baru dari pigmen merah. Pola produksi pigmen larut air *Monascus sp.* KJR 2 pada media biji durian Petruk ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Pola Produksi Pigmen Larut Air *Monascus sp.* KJR 2 Pada Media Biji Durian Petruk

Pigmen larut air (kuning, oranye, dan merah) *Monascus sp.* KJR 2 mulai diproduksi dari hari ke-4 kemudian mengalami peningkatan dan mencapai optimum pada hari ke-14 fermentasi. Produksi ketiga jenis pigmen *Monascus sp.* KJR 2 mengalami penurunan pada hari ke-16 fermentasi setelah mencapai optimum pada hari ke-14 fermentasi. Hal ini serupa dengan penurunan pigmen yang terjadi pada pigmen larut etanol setelah mencapai kondisi optimum. Ketidakstabilan pigmen *Monascus sp.* dapat menyebabkan terjadinya transformasi pigmen membentuk komponen lain yang tidak terdeteksi pada panjang gelombang λ 392, λ 470, dan λ 501 nm. Pigmen kuning merupakan pigmen yang dominan diproduksi oleh *Monascus sp.* KJR 2 pada media biji durian Petruk. Produksi pigmen kuning lebih tinggi bila dibandingkan dengan produksi pigmen oranye dan merah. Hal ini berkaitan dengan kestabilan pigmen, pH media, dan ketersediaan senyawa nitrogen. Pigmen merah lebih sensitif dibandingkan dengan pigmen kuning pada pH rendah. Pigmen oranye merupakan pigmen yang disintesa pertama kali, apabila pigmen oranye

mengalami reduksi maka akan membentuk pigmen kuning.

KESIMPULAN

Produksi pigmen kuning, oranye, dan merah (larut etanol dan larut air) *Monascus sp.* KJR 2 pada media biji durian Petruk dimulai pada hari ke-4 fermentasi. Ekstraksi pigmen *Monascus sp.* KJR 2 menggunakan pelarut air lebih efektif daripada menggunakan pelarut etanol 90%. Pigmen yang dominan diproduksi oleh *Monascus sp.* KJR 2 pada media biji durian Petruk adalah pigmen kuning.

DAFTAR PUSTAKA

- Blanc, P.J., H. Hajjaj, M.O. Loret, dan G. Goma. 1998. Control of the Production of Citrinin by *Monascus*, Symposium on *Monascus* Culture and Applications, Center Pour L'Unesco, Toulouse, France, 8-10 Juli 1998, organized by Laboratoire Biotechnologies-Bioprecedes, UMR CNRS 5504, Institut National des Sciences Appliquees de Toulouse, France.
- Broder, C.U. dan P.E. Koehler. 1980. Pigmen Produced by *Monascus purpureus* with Regard to Quality and Quantity, *J. Food Sci.*, 45,567-569.
- Dufossé L., P. Galaup, A. Yaron, S.M. Arad, P. Blanc, K.N.C. Murthy, dan G.A. Ravishankar. 2005. Microorganisms and Microalgae as Sources of Pigments for Food Use: A Scientific Oddity or An Industrial Reality?, *Trends in Food Science and Technology*, 16, 389-406.
- Gandjar, I., W. Sjamsuridzal, dan A. Oetari. 2006. Mikologi Dasar dan Terapan. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia. OKE http://books.google.co.id/books?id=MxEOHqhHI7sC&pg=PR3&dq=Gandjar,+Indrawati.+2006.+Mikologi+Dasar+dan+Terapan.+Jakarta:+Yayasan+Obor+Indonesia.&cd=1&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (7 Desember 2011).

- Garraway, M.O. dan R.C. Evans. 1984. Fungal Nutrition and Physiology. USA: John Wiley and Sons, Inc.
- Jung H., C. Kim, dan C.S. Shin. 2005. Enhanced Photostability of Monascus Pigments Derived with Various Amino Acids via Fermentation, *J. Agric. Food Chem.* 53 (18), 7108-7114.
- Sa'adah, Z., N. Ika, dan Abdullah. 2010. Produksi Enzim Selulase oleh *Aspergillus niger* Menggunakan Substrat Jerami dengan Sistem Fermentasi Padat, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
- http://eprints.undip.ac.id/13064/1/BAB_I_-_V.pdf (12 Desember 2011).
- Steinkraus, K.H. 1983. Handbook of Indigenous Fermented Foods. New York: Institute of Science Cornell University.
- Sweeny, J.G., E. Valdes., G.A. Iacobucci, H. Sato, dan S. Sakamura. 1981. Photoprotection of the Red Pigment of *Monascus anka* in Aqueous Media by 1,4,6-trihydroxynaphthalene, *J. Agric. Food Chem.*, 29, 1189-1193.
- Timotius, K.H. 2004. Produksi Pigmen Angkak oleh *Monascus*, *Jurnal. Teknol. dan Industri Pangan*, XV (1), 79-86.