

Full Paper**STABILITAS MIKROKAPSUL *Spirulina platensis* SELAMA PENYIMPANAN****STABILITY OF *Spirulina platensis* MICROCAPSULES DURING STORAGE****Obdulia P. Nugrahani, Siti A. Budhiyanti dan Amir Husni***Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada
Jl. Flora Gedung A4 Bulaksumur Yogyakarta 55281

*Penulis untuk korespondensi, E-mail: a-husni@ugm.ac.id

Abstrak

Spirulina platensis adalah ganggang biru-hijau yang kaya akan protein, vitamin, mineral dan nutrisi lainnya. Salah satu cara untuk melindungi bahan aktif dari fotooksidasi dapat dilakukan dengan membuat mikrokapsul spirulina. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bahan kemasan dan suhu penyimpanan terhadap stabilitas produk (kering dan mikrokapsul) selama penyimpanan. Penelitian ini menggunakan desain faktorial (2 x 3 x 2) dengan jenis variasi spirulina olahan (kering-K, mikrokapsul-M), kemasan (PE plastik non-vakum-PE, PE plastik vakum-PEV dan aluminium foil-AF) dan suhu penyimpanan (5°C dan 28°C). Parameter yang diamati meliputi aktivitas air, kadar air, fikosianin, beta karoten, aktivitas antioksidan dan rendemen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis perbedaan olahan spirulina, bahan kemasan dan suhu penyimpanan mempengaruhi parameter pengamatan, dimana spirulina yang dibuat dalam bentuk mikrokapsul dan dikemas dengan aluminium foil serta disimpan pada suhu dingin memberikan stabilitas produk spirulina yang terbaik.

Kata kunci: *Spirulina platensis*, pengemasan, mikroenkapsulasi, penyimpanan**Abstract**

Spirulina platensis is a blue-green algae which rich in protein, vitamins, minerals and other nutrients. One way to protect from photo-oxidation by making microcapsules spirulina. The objectives this research is to determine the effect of packaging materials and storage temperature on the stability of products (dry and microcapsules) during storage. The research using factorial design (2x3x2) with variation types of processed spirulina (dried-K, microcapsules-M), packaging (plastic PE non-vacuum-PE, plastic PE vacuum-PEV and aluminum foil-AF) and storage temperature (cold room 5°C and 28°C). The parameters were observed including water activities, water content, fikosianin, betacarotene, antioxidant activity and yield. The result is that the differences type of processed spirulina, packaging materials and storage temperature affect the parameters of the observations, where the treatment of spirulina in the form of microcapsules which is packed with aluminum foil and stored at cold temperatures give spirulina product stability is the best treatment.

Keywords : *Spirulina platensis*, packaging, microencapsulation, storage**Pengantar**

Spirulina platensis adalah alga hijau biru kaya protein, vitamin, mineral dan juga mengandung pigmen fikosianin. Fikosianin merupakan pigmen biru yang secara struktural mirip dengan beta karoten. Konsumsi fikosianin setiap harinya dapat membantu fungsi-fungsi sel dalam mencegah kanker atau menghambat pertumbuhannya, mampu meningkatkan sistem kekebalan tubuh, anti-inflamatori, neuro protektif serta mengandung berbagai antioksidan alami seperti selenium, vitamin E, beta karoten, zeaxanthin, fikosianin dan enzim SOD yang dapat memperkecil resiko kerusakan akibat radikal bebas (Miranda *et al.*, 1998).

Fikosianin mudah mengalami foto oksidasi dan tidak tahan terhadap suhu tinggi yang dapat menurunkan aktivitas antioksidan pada spirulina (Arlyza, 2005). Salah satu cara menanganinya dengan membuat spirulina dalam bentuk mikrokapsul (Sheu & Rosenberg, 1995). Penggunaan *Spirulina platensis* dalam bentuk mikrokapsul memiliki stabilitas penyimpanan yang baik. Produk mikrokapsul tersebut juga harus dilakukan proses pengemasan dengan baik. Salah satu bahan pengemas yang sudah dikenal luas oleh masyarakat adalah plastik etilen serta aluminium foil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan

pengemas dan suhu penyimpanan terhadap stabilitas produk spirulina (kering dan mikrokapsul) selama penyimpanan.

Bahan dan Metode

Bahan

Bahan yang digunakan meliputi *Spirulina platensis* kering, maltodekstrin dan akuades sebagai campuran mikrokapsul *spirulina*. Bahan pengemas berupa plastik polietilen dengan jenis LDPE dan aluminium foil. Bahan untuk pengujian parameter meliputi DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) *radical solution* 0.18mM, etanol 96%, *aquadest*, Petroleum Eter (PE) dan buffer fosfat pH 7.

Metode

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan pelaksanaan meliputi: pembuatan mikrokapsul, pengemasan, penyimpanan, dan pengamatan.

Pembuatan mikrokapsul *S. platensis*

Mikrokapsul *S. platensis* dibuat menggunakan bahan *S. platensis* kering yang diperoleh dari Cirebon. Langkah awal pembuatannya yaitu menimbang *S. platensis* kemudian ditambahkan maltodekstrin dengan perbandingan 75:25, lalu ditambahkan aquades 1200 ml sambil terus diaduk dengan *homogenizer*. Selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan *spray dryer* dengan suhu *inlet* 90 °C dan suhu *outlet* 50 °C.

Pengemasan

Bentuk olahan *Spirulina platensis* berupa mikrokapsul dan kering selanjutnya dilakukan pengemasan dengan 3 jenis bahan pengemas yaitu polietilen non-vakum, polietilen vakum dan aluminium foil.

Penyimpanan

Mikrokapsul yang telah dikemas kemudian disimpan dalam dua macam suhu yaitu suhu ruang (28 °C) dan suhu dingin (5 °C) menggunakan refrigerator.

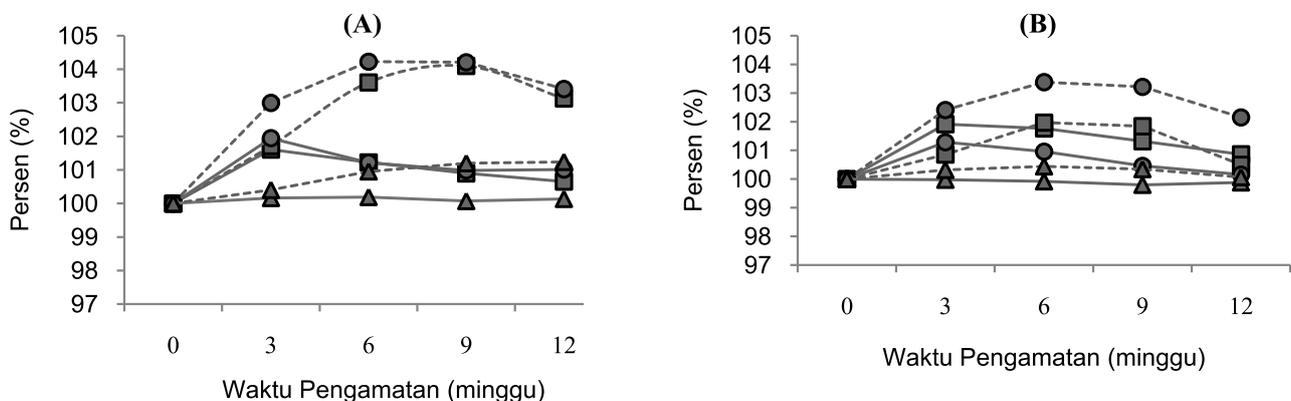
Pengamatan

Mikrokapsul yang telah disimpan kemudian dilakukan pengamatan setiap 3 minggu sekali selama 3 bulan. Parameter pengujian yang dilakukan antara lain rendemen (AOAC, 1995), aktivitas air, kadar air (AOAC, 1925), aktivitas antioksidan (Osawa & Namiki, 1983), kadar beta karoten (Miranda et al., 1998) dan fikosianin (Boussiba & Richmond, 1979).

Hasil dan Pembahasan

Rendemen

Pengukuran rendemen dilakukan untuk mengetahui stabilitas produk spirulina pada berbagai jenis bahan pengemas dan suhu penyimpanan. Gambar 1 menunjukkan bahwa perlakuan dengan pengemas aluminium foil memiliki nilai rendemen yang lebih stabil daripada perlakuan dengan pengemas polietilen (PE) dan PE vakum ($p < 0,05$). Menurut penelitian Kumar & Mishra (2004) stabilitas bubuk mangga yang dikemas aluminium dengan laminasi PE masih baik untuk dapat disimpan pada kondisi penyimpanan 38 ± 1 °C dan 90% RH selama 45 hari. Rerata spirulina kering dengan perlakuan pengemas dengan aluminium foil pada suhu dingin memiliki rendemen 100,14% pada minggu ke 12. Nilai rendemen lebih dari 100% menunjukkan adanya penambahan berat produk dibandingkan dengan berat awalnya. Pada produk mikrokapsul dengan perlakuan yang sama memberikan rendemen sebesar 99,88% (minggu ke 12) dan diketahui bahwa ternyata pada spirulina



Gambar 1. Rendemen Spirulina kering (A) dan mikrokapsul (B) dengan pengemas PE (■), PE vakum (●) dan aluminium foil (▲) pada suhu dingin (—) dan suhu ruang (---)

dalam bentuk mikrokapsul memiliki nilai rendemen lebih kecil karena bersifat non higroskopis (Koswara, 2010).

Besarnya nilai rendemen pada produk spirulina kering dan mikrokapsul ditentukan oleh karakteristik bahan pengemas yang digunakan. Permeabilitas bahan pengemas berupa LDPE (*Low Density Polietilen*) dalam mengatasi keluar masuknya udara cukup tinggi yaitu 3.900-13.000 ml/mil/m²/24 jam, sehingga produk yang dikemas dengan bahan plastik PE akan lebih mudah menyerap air dan meningkatkan nilai rendemen pada produk di dalamnya. Bahan pengemas berupa aluminium foil memiliki sifat tidak terpengaruh sinar matahari, tidak bersifat menyerap bahan atau zat lain, tidak menunjukkan perubahan ukuran dengan berubah-ubahnya nilai RH lingkungan sekitarnya (Suyitno, 1995) sehingga akan lebih stabil dalam mempertahankan rendemen produk di dalamnya.

Pengaruh suhu penyimpanan dapat dilihat dari nilai rendemen pada produk yang disimpan dalam suhu ruang memberikan nilai rendemen yang lebih tinggi daripada produk yang disimpan pada suhu dingin. Hal ini disebabkan karena pada produk yang disimpan pada suhu yang lebih tinggi, proses transpirasinya akan semakin meningkat dan juga nilai rendemennya (Susanto, 1994).

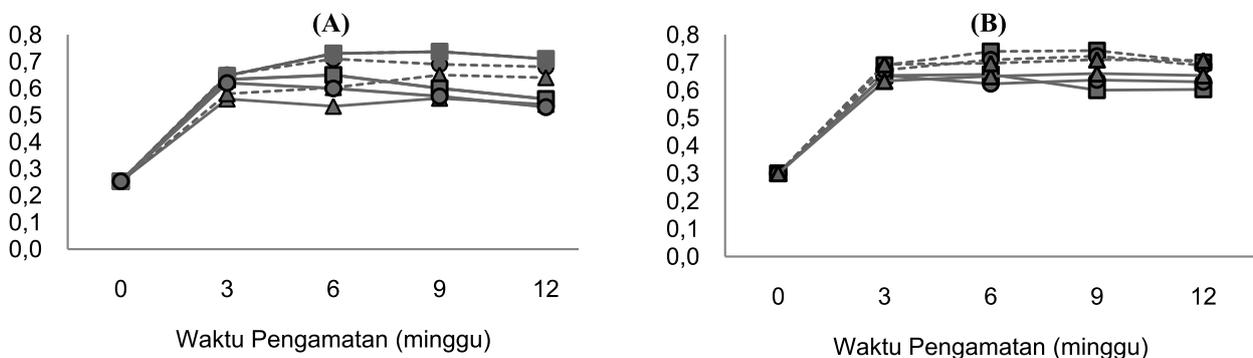
Aktivitas Air (a_w)

Aktivitas air menentukan kestabilan produk selama penyimpanan, khususnya karakteristik pelepasan bahan aktif dan kemampuan bahan pengkapsul dalam mempertahankan bahan aktif dari dalam produk spirulina. Gambar 2 menunjukkan kecenderungan besarnya nilai a_w di tiap perlakuan akan mengalami peningkatan tiap minggunya. Peningkatan nilai a_w tersebut merupakan indikator adanya pelepasan bahan aktif yang jumlahnya lebih besar dari pada nilai

a_w yang relatif lebih rendah (Whorton & Reineccius, 1995). Pada penelitian Hendrawan (1997) dilakukan pengemasan bubuk buah alpokat dengan pengemasan vakum. Hasilnya menunjukkan adanya peningkatan nilai a_w dikarenakan sifat higroskopis dari bubuk buah yang cenderung menyerap uap air dari udara sekeliling.

Aktivitas air (a_w) pada produk mikrokapsul spirulina di minggu ke 0 mengalami peningkatan sebesar 18,58% menjadi 0,3 daripada spirulina kering. Hal ini terkait adanya proses *spray drying* yaitu suatu proses perubahan bentuk cair ke bentuk partikel kering oleh suatu proses penyemprotan bahan ke dalam medium pengering panas (Rahayuni, 2001). Menurut Yuliani *et al.* (2007) penggunaan suhu inlet yang rendah (90°C) meningkatkan nilai a_w dikarenakan produk akhir yang dihasilkan akan bersifat lebih basah dan berbentuk gumpalan. Penggunaan suhu inlet yang rendah bertujuan untuk mencegah penurunan kualitas bahan aktif yang ada pada spirulina tersebut.

Pengaruh jenis olahan spirulina sudah terlihat pada minggu awal pengamatan. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan nilai a_w pada grafik mikrokapsul spirulina yang lebih kecil sehingga proses pelepasan bahan aktifnya akan berlangsung lebih lambat. Pada produk spirulina kering proses pelepasan bahan aktif lebih sering terjadi sehingga nilai a_w akan mengalami kenaikan yang lebih besar karena bahan lebih bersifat higroskopis (Yuliani *et al.*, 2007). Nilai a_w yang semakin meningkat pada produk menunjukkan bahwa kandungan air yang terkandung di dalam bahan pengemas juga semakin meningkat. Nilai trend aktivitas air akan mengikuti nilai trend kadar airnya. Peningkatan nilai a_w dikarenakan adanya penyerapan uap air dari lingkungan luar. Jenis plastik PE yang digunakan merupakan golongan plastik LDPE dengan nilai permeabilitas dalam mengatasi keluar masuknya udara cukup tinggi yaitu 3.900-13.000



Gambar 2. Aktivitas air spirulina kering (A) dan mikrokapsul (B) dengan pengemas PE (■), PE vakum (●) dan aluminium foil (▲) pada suhu dingin (—) dan suhu ruang (---)

ml/mil/m²/24 jam (Pantastico, 1989). Besarnya nilai permeabilitas terhadap udara pada bahan pengemas PE menyebabkan penggunaan perlakuan vakum tidak berpengaruh nyata terhadap nilai a_w pada produk spirulina.

Pengaruh suhu penyimpanan dapat dilihat dari nilai rendemen pada produk yang disimpan dalam suhu ruang memberikan nilai rendemen yang lebih tinggi daripada produk yang disimpan pada suhu dingin. Hal ini disebabkan karena pada produk yang disimpan pada suhu yang lebih tinggi proses transpirasinya juga akan semakin meningkat sehingga nilai a_w akan turut meningkat (Susanto, 1994).

Kadar Air

Kadar air merupakan banyaknya kandungan air pada bahan yang dinyatakan sebagai kandungan air per satuan berat bahan. Air dalam bahan pangan terdiri dari air bebas dan air terikat (Sudarmadji *et al.*, 1996). Kadar air produk mikrokapsul spirulina di minggu ke 0 yaitu sebesar 5,599% yang termasuk dalam tipikal kadar air produk mikrokapsul yang diperoleh dari *spray drying* (2-6%) (Reineccius, 2004).

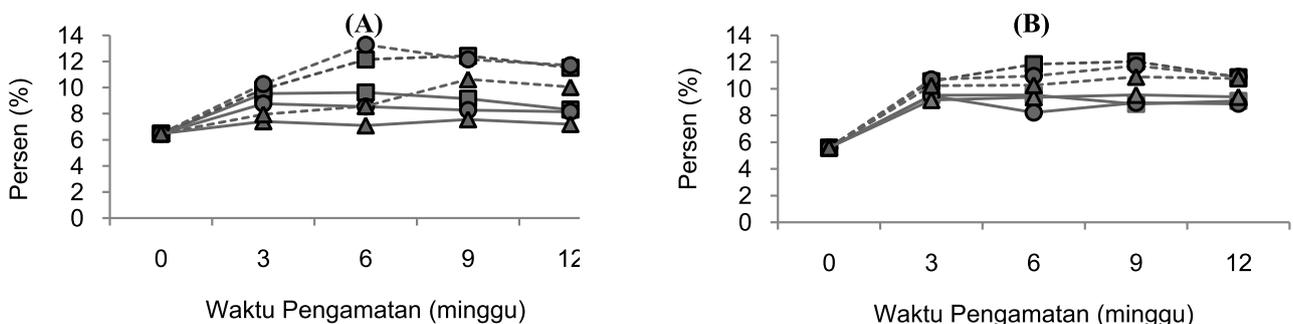
Gambar 3 menunjukkan kadar air pada produk mikrokapsul spirulina di minggu ke-0 mengalami penurunan sebesar 13,6% menjadi 6,48% daripada spirulina kering. Hal ini terkait adanya proses *spray drying* yaitu suatu proses perubahan bentuk cair ke bentuk partikel kering oleh suatu proses penyemprotan bahan ke dalam medium pengering panas (Rahayuni, 2001). Menurut Gardjito *et al.* (2006), kadar air mikrokapsul dipengaruhi oleh enkapsulan yang digunakan. Maltodekstrin memiliki berat molekul yang lebih rendah (< 4000) dan struktur molekul yang lebih sederhana sehingga dengan mudah air dapat diuapkan ketika proses pengeringan berlangsung.

Pengaruh jenis olahan spirulina dikarenakan adanya sifat spirulina yang sensitif dan mudah mengalami

penurunan mutu karena paparan oksigen dan cahaya dari lingkungan sekitar. Kadar air dalam produk spirulina berkaitan dengan kelembaban relatif lingkungannya. Semakin besar perbedaan antara kelembaban relatif lingkungan penyimpanan dibandingkan kadar air produk maka air semakin mudah bermigrasi (Kusnandar, 2010). Kadar air dari spirulina kering cenderung memiliki variabilitas yang lebih tinggi dikarenakan tidak adanya bahan pengkapsul yang digunakan untuk menstabilkan kandungan air dalam produk. Adanya olahan spirulina dalam bentuk mikrokapsul cenderung memiliki kestabilan nilai kadar air yang lebih baik.

Pengaruh bahan pengemas terhadap besarnya kadar air salah satunya ditentukan oleh sifat kelembaban udara yang ada di dalam bahan pengemas yang erat kaitannya dengan permeabilitas masing-masing bahan pengemas. Kadar air yang semakin meningkat pada produk menunjukkan bahwa kandungan air yang terkandung pada produk juga semakin meningkat. Nilai trend kadar air akan selalu mengikuti nilai trend aktivitas airnya. Peningkatan kadar air dikarenakan adanya penyerapan uap air dari lingkungan luar. Jenis plastik PE yang digunakan merupakan golongan plastik LDPE dengan nilai permeabilitas dalam mengatasi keluar masuknya udara cukup tinggi yaitu 900-13.000 ml/mil/m²/24 jam (Pantastico, 1989). Besarnya nilai permeabilitas terhadap udara pada bahan pengemas PE menyebabkan penggunaan perlakuan vakum tidak berpengaruh nyata terhadap nilai a_w pada produk spirulina.

Pengaruh suhu penyimpanan menunjukkan bahwa penyimpanan dalam suhu ruang memiliki kadar air lebih tinggi karena pada suhu ruang produk lebih mudah menyerap kelembaban udara dari lingkungan luar yang kemudian akan bermigrasi ke bagian dalam bahan pengemas sehingga akan menaikkan nilai kadar air pada produk spirulina (Susanto, 1994).



Gambar 3. Kadar air spirulina kering (A) dan mikrokapsul (B) dengan pengemas PE (■), PE vakum (●) dan aluminium foil (▲) pada suhu dingin (—) dan suhu ruang (---)

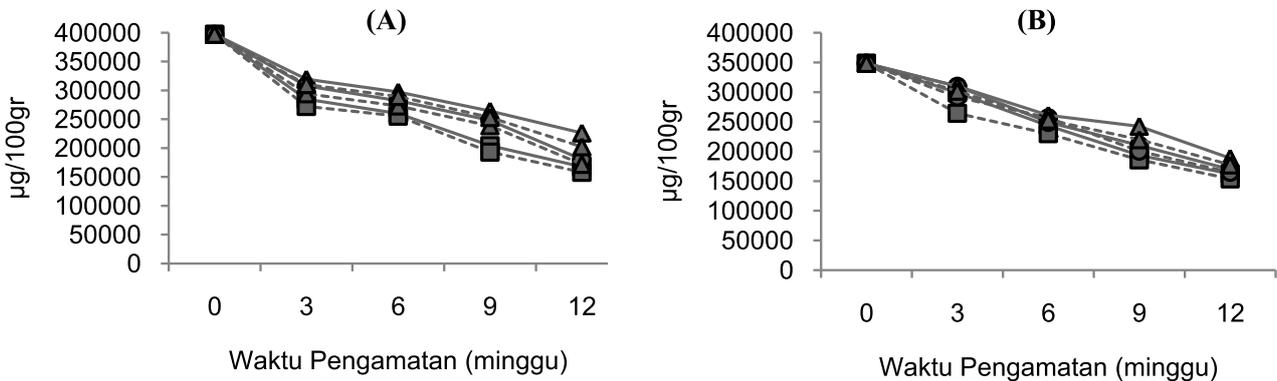
Kadar Beta Karoten

Karotenoid merupakan sekelompok pigmen yang berwarna kuning hingga merah. Salah satu senyawa karoten yang banyak dikenal adalah beta karoten yang dapat mengalami kerusakan oleh pengaruh suhu tinggi dan oksidasi. Gambar 4 menunjukkan bahwa penggunaan produk mikrokapsul spirulina dapat mempertahankan kadar beta karotennya lebih baik daripada produk spirulina kering. Proses mikroenkapsulasi dapat mempertahankan beta karoten dari proses kerusakan terutama dari pengaruh suhu tinggi. Adanya maltodekstrin sebagai penyalut mikrokapsul dapat memberikan perlindungan terhadap inti-inti dari faktor kerusakan seperti oksigen, panas dan kelembaban (Efendi, 2000).

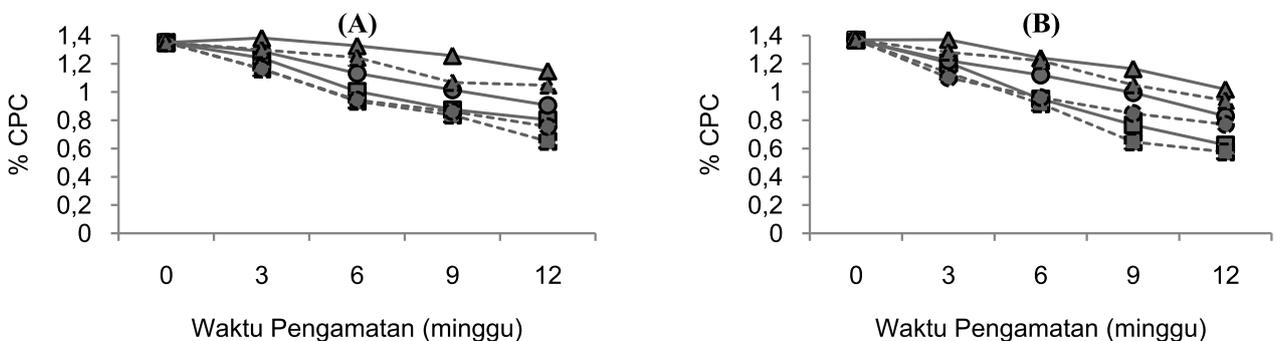
Penggunaan bahan pengemas yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap kadar beta karotennya. Kandungan beta karoten pada spirulina mencapai 0,25% per 10 gram spirulina. Menurut Orset *et al.* (1999), pengaruh degradasi kandungan beta karoten tergantung pada kondisi penyimpanan (khususnya cahaya, suhu, aktivitas air dan oksigen).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pua *et al.* (2008), pengemasan dengan menggunakan ALP (*Aluminium Laminated Polyethylen*) mempunyai nilai laju transmisi uap air yang lebih rendah daripada kemasan BOPP/MCPP (*metallized co-extruded biaxially oriented polypropylylene*) pada produk serbuk buah naga dengan penyimpanan 12 minggu. Adanya bahan pengemas menggunakan aluminium foil dapat menghambat kerusakan beta karoten oleh pengaruh aktivitas air di dalam pengemas. Penggunaan plastik LDPE yang memiliki densitas 0,910–0,940 g/cm³ dengan kekuatan antara molekul yang rendah menyebabkan adanya perlakuan vakum tidak memberikan pengaruh yang nyata dengan perlakuan plastik tanpa vakum.

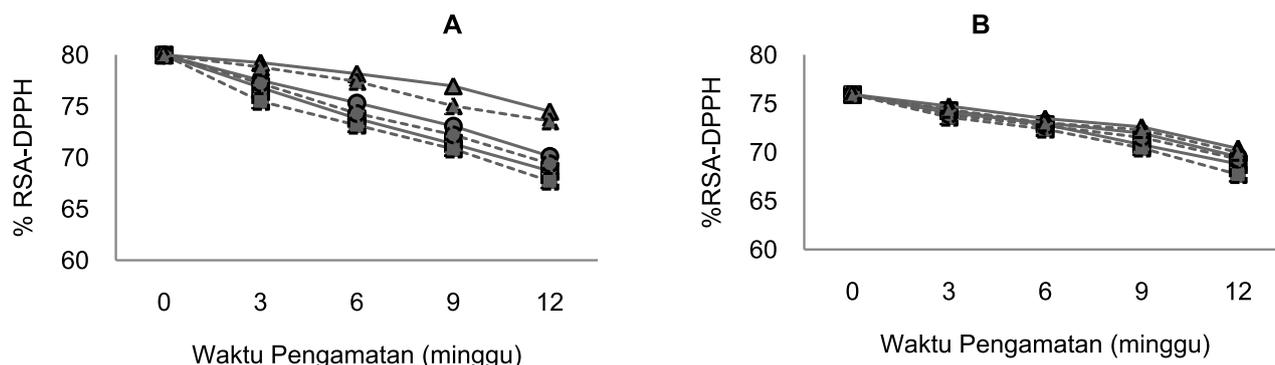
Adanya pengaruh suhu penyimpanan menunjukkan bahwa suhu tinggi merupakan faktor penyebab degradasi termal yang akan merusak beta karoten sehingga terjadi dekomposisi beta karoten dan intensitas warnanya menurun. Adanya ikatan rangkap mengakibatkan karoten tidak stabil mengakibatkan perubahan yang mengarah pada kerusakan.



Gambar 4. Kadar beta karoten spirulina kering (A) dan mikrokapsul (B) dengan pengemas PE (■), PE vakum (●) dan aluminium foil (▲) pada suhu dingin (—) dan suhu ruang (---)



Gambar 5. Kadar fikosianin spirulina kering (A) dan mikrokapsul (B) dengan pengemas PE (■), PE vakum (●) dan aluminium foil (▲) pada suhu dingin (—) dan suhu ruang (---)



Gambar 6. Aktivitas antioksidan spirulina kering (A) dan mikrokapsul (B) dengan pengemas PE (■), PE vakum (●) dan aluminium foil (▲) pada suhu dingin (—) dan suhu ruang (---)

Kerusakan pada karoten dapat disebabkan oleh panas, oksidasi dan isomerisasi sehingga pada penyimpanan produk spirulina di suhu dingin dapat mempertahankan kandungan beta karoten daripada produk yang disimpan dalam suhu ruang (Karrer & Jucker, 1950).

Kadar Fikosianin

Fikosianin merupakan pigmen warna biru dalam spirulina yang memiliki kemampuan sebagai antioksidan. Fikosianin didapatkan dengan mengekstrak terlebih dahulu dari produk spirulina yang ada. Gambar 5 menunjukkan bahwa penggunaan produk mikrokapsul spirulina dapat mempertahankan fikosianinnya lebih baik daripada produk spirulina kering. Proses mikroenkapsulasi dapat mempertahankan kadar fikosianin dari proses kerusakan saat dilakukan pengolahan lebih lanjut. Maltodekstrin yang digunakan sebagai pengkapsul merupakan bahan yang mudah larut air dan dapat melindungi bahan yang dienkapsulasi dari oksidasi (Ersus & Yurdagel, 2006).

Penggunaan bahan pengemas diketahui memberikan pengaruh nyata terhadap kadar fikosianinnya. Besarnya kadar fikosianin dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti pH, suhu, konsentrasi protein dan sumber alganya (Jespersen, 2004). Fikosianin diketahui sangat sensitif terhadap panas sehingga suhu yang terlalu tinggi dapat memudahkan warna biru dari pigmen fikosianin tersebut dan menurunkan kandungan fikosianinnya (Arlyza, 2005). Adanya penggunaan bahan pengemas berupa aluminium foil yang diberi lapisan tipis plastik memberikan perlindungan yang baik terhadap gas, kelembaban terutama cahaya (Fellows, 1988) sehingga mampu menjadi *barrier* masuknya paparan cahaya ke dalam produk spirulina. Pada pengemas plastik baik PE dan PE vakum memiliki kenampakan yang cenderung transparan sehingga memudahkan masuknya

paparan cahaya yang dapat memudahkan kandungan fikosianin di dalam produk. Adanya penggunaan vakum pada plastik PE diketahui tidak memberikan pengaruh nyata karena tingginya nilai transmisi uap air pada plastik PE yaitu sebesar 21,7 (Hanlon, 1986) memungkinkan bahwa kondisi vakum tidak bertahan lama dalam plastik tersebut.

Adanya pengaruh suhu penyimpanan menunjukkan bahwa suhu tinggi merupakan faktor penyebab degradasi termal yang akan merusak fikosianin sehingga intensitas warnanya akan menurun (Karrer & Jucker, 1950). Menurut penelitian (Ersus & Yurdagel, 2006), penyimpanan pada suhu 4 °C dapat meningkatkan umur simpan dari produk berupa serbuk wortel hitam (*Daucus carota* L.) dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu kamar (25 °C).

Aktivitas Antioksidan

Antioksidan merupakan zat yang mampu memperlambat atau mencegah proses oksidasi (Schuler, 1990). Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan dengan menggunakan metode DPPH aktivitas pengikatan radikal bebas DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Gambar 6 menunjukkan penggunaan produk spirulina dalam bentuk mikrokapsul dapat mempertahankan nilai aktivitas antioksidannya lebih baik daripada produk spirulina kering. Berdasarkan penelitian Basu & Del Vecchio (2001) yang melakukan proses enkapsulasi pada minyak canola tinggi karoten dan vitamin E menggunakan *α-cyclodextrin* mampu meningkatkan *bioavailability* antioksidan dalam bentuk larut air dan memberikan perlindungan terhadap panas, cahaya dan oksidasi.

Penggunaan bahan pengemas diketahui memberikan pengaruh nyata terhadap aktivitas antioksidannya. Spirulina diketahui merupakan salah satu produk mikroalga yang terkenal oleh senyawa antioksidannya yang tinggi. Senyawa antioksidan tersebut sensitif

terhadap paparan cahaya dan oksigen. Aktivitas antioksidan pada suatu larutan ekstrak berhubungan dengan kemampuan donasi atom H pada radikal bebas yang diberikan. Apabila antioksidan mampu menangkap rantai oksidasi dari radikal bebas maka akan terbentuk produk akhir yang lebih stabil dan dikatakan memiliki kemampuan aktivitas antioksidan yang tinggi (Rao *et al.*, 2006). Adanya penggunaan aluminium foil dapat mempertahankan aktivitas antioksidannya karena memiliki ketebalan lebih dari 0,025 mm (0,00098 in) yang kedap oksigen dan air. Hal ini mengakibatkan senyawa antioksidan yang berada dalam spirulina tidak rusak oleh adanya paparan cahaya dan oksigen dari lingkungan luar sehingga kemampuan dalam mendonasi atom H pada radikal bebas akan semakin tinggi pula. Pada plastik pengemas jenis LDPE dengan kekuatan antar molekul yang rendah menyebabkan laju transmisi gas ke dalam produk lebih besar sehingga mampu menurunkan aktivitas antioksidannya lebih cepat karena antioksidan yang terdapat pada spirulina telah rusak akibat paparan cahaya dan oksigen.

Kesimpulan

Bentuk olahan spirulina, jenis bahan pengemas dan suhu penyimpanan produk mempengaruhi besarnya rendemen, kadar air, aktivitas air, aktivitas antioksidan, kadar beta karoten dan fikosianin. Spirulina dalam bentuk mikrokapsul memiliki rendemen, kadar air, aktivitas air, aktivitas antioksidan, kadar beta karoten dan fikosianin yang lebih baik daripada spirulina kering. Penggunaan perlakuan vakum pada plastik pengemas PE tidak memberikan pengaruh nyata. Bahan pengemas berupa aluminium foil yang disimpan dalam suhu dingin merupakan perlakuan terbaik.

Daftar Pustaka

- AOAC. 1925. Method of Analysis of Second Edition. Association of Official Agricultural Chemists. Washington DC.
- AOAC. 1995. Method of Analysis of Second Edition. Association of Official Agricultural Chemists. Washington DC.
- Arlyza, I.S. 2005. Isolasi pigmen biru fikosianin dari mikroalga. *J. Oseanol. Limnol. di Indonesia* 31: 79-92.
- Basu, H. N. & A. Del-Vecchio. 2001. Encapsulated carotenoid preparations from high-carotenoid canola oil and cyclodextrins and their stability. *JAOC* 78(4): 375-380.
- Boussiba, S. & Richmond. 1979. Isolation and purification of phycocyanins from the blue-green alga *Spirulina platensis*. *Archiv. Microbiol.* 120: 155-159.
- Efendi, E. 2000. Mikroenkapsulasi Minyak Atsiri Jahe dengan Campuran Gum arab-Maltodekstrin dan Variasi Suhu Inlet Spray Drier. Tesis. Program Pascasarjana. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Ersus, S & U. Yurdagel. 2006. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray dryer. *J. Food Eng.* 80: 805-812.
- Hanlon, J.F. 1971. Handbook of Packaging Engineering. Mc.Graw Hill Book Co. New York.
- Hendrawan, G.B. 1997. Upaya Menghambat Kerusakan Bubuk Buah Apokat dengan Pengemasan Secara Vakum Menggunakan Pengemas Polipropilena. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Jespersen, L., L. D. Stromdahl, K. Olsen, & L. H. Skibsted. 2005. Heat and light stability of three natural blue colorants for use in confectionery and beverages. *Europ. Food Res. Technol.* 220: 261-266.
- Karrer P. & Jucker, E. A. 1950. Carotenoids. Elsevier Publisher Company, Inc. New York.
- Koswara. 2010. Teknologi Enkapsulasi Flavor Rempah-Rempah. <<http://www.ebookpangan.com>> Diakses pada tanggal 10 Oktober 2010.
- Kumar, P & H. N. Mishra. 2004. Storage stability of mango soy fortified yoghurt powder in two different packaging materials: HDPP and ALP. *J. Food Eng.* 65(4): 569-576.
- Kusnandar, F. 2010. Pendugaan Umur Simpan Produk Pangan dengan Metode Accelerated Shelf-life Testing (ASLT). Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Miranda, M.S., R. G. Cintra, S. B. Barros & F. J. Mancini. 1998. Antioxidant activity of the microalgae *Spirulina maxima*. *Brazil. J. Med. Biol. Res.* 31: 1075-1079.
- Gardjito, M., A. Murdiati, & A. Nur. 2006. Mikroenkapsulasi β -karoten buah labu kuning

- dengan enkapsulan *whey* dan karbohidrat. *J. Teknol. Pertanian* 2 (1): 13-18.
- Orset, S., G. C. Leach, R. Morais, & A. J. Young. 1999. Spray drying of the microalgae *Dunaliellasalina*: effect on β -carotene content and isomer composition. *J. Agric. Food Chem.* 47: 4782-4790.
- Osawa, T. & M. Namiki. 1983. Structure elucidation of streptindole from intestinal bacteria. *Tetrahed. Lett.* 24: 4719-4722.
- Pantastico, E. R. 1989. Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. The Avi Publishing Company, Inc. Westport. Connecticut.
- Pua, C. K., N. S. A. Hamid, C. P. Tan, H. Mirhosseini, R. A. Rahman & G. Rusul. 2008. Storage stability of jackfruit (*Artocarpusheterophyllus*) powder packaged in aluminium laminated polyethylene and metallized co-extruded biaxially oriented polypropylene during storage. *J. Food Eng.* 89: 419-428.
- Rahayuni, T. 2001. Mikroenkapsulasi Ekstrak Lidah Buaya (*Aloe vera*): Uji Karakteristik Enkapsulan dan Aktivasi Antioksidanya. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Rao, A.R., R. Sarada, V. Baskaran & G.K. Ravishankar. 2006. Antioxidant activity of *Botryococcusbraunii* extract elucidated in vitro models. *J. Agric. Food Chem.* 54: 4593-4599.
- Sheu, T.Y & M. Rosenberg. 1995. Microencapsulation by spray drying ethyl caprylate in whey protein and carbohydrate wall system. *J. Food Sci.* 60 (1): 98-103.
- Schuler, P. 1990. Natural Antioxidant Exploited Commercially in Food Antioxidants. Husdant BJJ, editor. New York: Elsevier Applied Science.
- Sudarmadji, S., B. Haryono & Suhardi. 1996. Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty. Yogyakarta.
- Susanto, T. 1994. Fisiologi dan Teknologi Pasca Panen. Akademika. Yogyakarta.
- Suyitno. 1995. Serat Makandan Perilaku Aktivitas Air Bubuk Buah. Disertasi. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Whorton, C. & G.A. Reineccius. 1995. Evaluation of the mechanism associated with the release of encapsulated flavor materials from maltodextrin matrices. *ACS Symp. Ser.* 590: 134-142.
- Yuliani, S., Desmawarni & Niken H. 2007. Pengaruh laju alir umpan dan suhu inlet spray drying pada karakteristik mikro kapsul oleoresin jahe. *J. Pascapanen* 4 (1): 18-26.