



Pembuatan Mikrokapsul Phycocyanin Menggunakan Maltodekstrin sebagai Bahan Pelapis dengan Metode Spray Drying

Muhammad Nasyarudin Iqbal^{1*} dan Hadiyanto²

^{1*,2}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof H Soedarto Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275

*E-mail: nasyarudin92@gmail.com

Abstract

Microalgae have been considered as potential source of nutritional value. Phycocyanin is one of high added value compound extracted from microalgae that can be used as pharmaceutical products, coloring agent and food nutrition enhancer. Therefore, the potential of phycocyanin need to be explored and developed for its use as an active ingredient in functional food. However, the application of phycocyanin as active compounds in functional foods is eventually accompanied by a stability issue since it is vulnerable to light, moisture content and temperature resulting in the degradation of proteins. Microencapsulation is an effective and economical method to maintain the stability of phycocyanin. One common method of microencapsulation is spray drying, while maltodextrin is the common coating material for spray drying. This study aims to describe the potential of spray drying for phycocyanin encapsulation process. Furthermore, the characterization of microcapsules physicochemical properties, and evaluate the performance of the storage stability and release controls will be also described. This review discusses numerous works about the microencapsulation of phycocyanin using maltodextrins as coating material and microencapsulation by spray drying method.

Keywords: Microencapsulation, Phycocyanin, Maltodextrins, Spray drying

Pendahuluan

Saat ini kebutuhan akan makanan fungsional berkembang dengan cepat. Sebagian besar konsumen beranggapan bahwa makanan yang mereka makan dapat memberikan pengaruh yang baik bagi kesehatan. Di era modern, makanan tidak hanya digunakan sebagai sumber energi serta gizi, tetapi juga memberikan sistem kekebalan bagi tubuh yang disebabkan oleh deplesi nutrisi dan dapat meningkatkan sistem antibodi. Makanan ini disebut makanan fungsional. Makanan fungsional dapat diproduksi dengan menambahkan bahan-bahan yang mempunyai fungsi khusus bagi kesehatan dalam produk pangan. Seiring meningkatnya perhatian terhadap makanan fungsional, kesadaran manusia akan hidup sehat juga mengalami peningkatan (Christwardana *et al.*, 2013).

Mikroalga telah menjadi sumber pangan yang sangat bermanfaat bagi manusia. Produksi mikroalga sebagai stok pangan mulai digalakkan secara masif ketika perang dunia kedua, di mana Jepang, Amerika, dan Jerman waktu itu sedang menghadapi krisis. (Potvin dan Zhang, 2010). Beberapa mikroalga bahkan digunakan sebagai sumber obat-obatan, dan dimanfaatkan dalam industri farmasi. Dalam beberapa tahun belakangan, beberapa industri farmasi telah banyak memanfaatkan mikroalga berbasis farmasi untuk keperluan tertentu. Sebagai contoh adalah mikrolaga jenis *Isochrysis galbana* dapat digunakan sebagai sumber bioaktif untuk penyembuhan penyakit tuberkulosis (Prakash dan Bhimba, 2004).

Beberapa alasan utama pemanfaatan *Spirulina* adalah memiliki nilai kualitas tinggi terutama untuk *Spirulina* keringnya, memiliki produktivitas penghasil protein yang tinggi dan mengandung pigmen biru (*Phycocyanin*) hingga mencapai 20% dari bobot keringnya (Landau, 1992). Oleh karena itu *Spirulina* sangat potensial untuk dijadikan sumber zat pewarna alami. Zat warna dapat digunakan pada makanan, minuman, tekstil, kosmetik, peralatan rumah tangga dan masih banyak lagi. Penggunaan zat warna sangat diperlukan untuk menghasilkan suatu produk yang lebih bervariasi dan juga menambah nilai artistik produk tersebut.

Dari hasil penelitian terdahulu diketahui bahwa *phycocyanin* mempunyai fungsi penting dalam perawatan kanker. *Phycocyanin* mempunyai kandungan yang cukup signifikan sebagai antioksidan, melindungi fungsi hati, dan membuang senyawa radikal (Weil, 2000). Oleh karena itu *phycocyanin* sangat luas digunakan dalam bidang pewarnaan makanan dan kosmetik. Kandungan *phycocyanin* dalam 10 gram *spirulina* kering juga termasuk cukup tinggi yaitu 1400 mg atau sekitar 14% (Henrikson, 2009).

Bahan aktif pada mikrokapsul *phycocyanin* bersifat sensitif terhadap cahaya, panas dan oksigen sehingga mempunyai masa simpan yang terbatas. Selain itu, bentuknya berupa cairan kental yang lengket menyulitkan



penanganannya. Mikroenkapsulasi dengan spray drying menawarkan solusi bagi permasalahan tersebut. Dengan mikroenkapsulasi spray drying, bahan aktif akan terlindung dari pengaruh lingkungan yang merugikan selama penyimpanan maupun selama pengolahan. Mikroenkapsulasi dengan spray drying juga dapat mengkonversi cairan menjadi bubuk padatan sehingga memudahkan penanganan dan pengemasannya.

Beberapa penelitian mengenai mikroenkapsulasi phycocyanin dan mikroenkapsulasi dengan metode spray drying telah dilakukan, mulai dari pembuatan emulsi atau proses dispersi larutan yang sesuai (Mingyan *et al.*, 2013) hingga proses pengeringan (Francesca *et al.*, 2011 dan Fatchul dkk., 2014). Meskipun beberapa usaha mengenai mikroenkapsulasi telah dilakukan, tetapi mikroenkapsulasi phycocyanin dengan metode spray drying masih memerlukan kajian yang lebih mendalam agar menghasilkan produk yang diinginkan secara efektif dan ekonomis. Paper ini menyajikan review mengenai kondisi proses pembuatan emulsi umpan dan kondisi proses pengeringan untuk menghasilkan mikro kapsul *phycocyanin* dengan stabilitas penyimpanan dan *control release* yang baik serta karakteristik yang memadai.

Phycocyanin dari Mikroalga

Sampai saat ini mikroalga masih digunakan oleh masyarakat sebagai sumber protein, vitamin, dan mineral, dan lebih dikenal sebagai pangan fungsional. Dibandingkan dengan sumber lain seperti yeast maupun fungi, mikroalga memiliki keunggulan di aspek keamanannya. Jika dibandingkan dengan protein bersel tunggal yang bersumber dari mamalia, mikroalga lebih unggul di bidang efisiensi dan kemudahan dalam produksinya. Jenis-jenis mikroalga yang berpotensi untuk pangan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jenis Mikroalga yang Berpotensi untuk Pangan (Becker, 2007)

Mikroalga	Protein	Karbohidrat	Lipid
<i>Anabaena cylindria</i>	43-56	25-30	4-7
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	62	23	3
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48	17	21
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6
<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18	14-20
<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4-9
<i>Spirulina maxima</i>	60-71	13-16	6-7
<i>Synechococcus sp.</i>	63	15	11

Dalam hubungannya dengan pangan fungsional, mikroalga dapat dimasukkan dalam klasifikasi ini mengingat mikroalga dapat berfungsi sebagai penyedia sumber protein, karbohidrat, dan lemak alami yang bermanfaat dalam penyediaan energi dalam tubuh. Namun lebih jauh lagi, mikroalga juga mampu berfungsi sebagai sumber vitamin, dan bahkan memberikan efek penyembuhan dan detoksifikasi dalam tubuh (Azimatun, 2014).

Saat ini, penelitian terhadap mikroalga hijau-biru difokuskan untuk mengidentifikasi senyawa alami yang dapat mendorong sistem kekebalan tubuh atau menghasilkan antikanker, untuk menghalangi pertumbuhan kanker telah direkomendasikan untuk mengonsumsi 0,25-2,5 gram phycocyanin per hari (Henrikson, 2009). Phycocyanin adalah pigmen terpenting dari mikroalga *Spirulina* dan merupakan protein kompleks yang terdapat lebih dari 20% dalam seluruh berat keringnya. Phycocyanin dapat dijadikan sumber kehidupan bagi makhluk hidup dan merupakan prekursor bagi klorofil dan hemoglobin karena mengandung magnesium dan besi. Phycocyanin juga merupakan protein yang memegang peranan penting di dalam reaksi fotosintesis, disamping itu juga sebagai sumber nitrogen dan asam amino (Henrikson, 2009; Suharhtono dan Angka, 2000).

Mikroenkapsulasi Phycocyanin

Mikroenkapsulasi adalah suatu proses dimana bahan-bahan padat, cairan bahkan gas pun dapat dijadikan kapsul (*encapsulated*) dengan ukuran partikel mikroskopik, dengan membentuk salutan dinding tipis sekitar bahan yang akan dijadikan kapsul (Ansel, 2007). Banyak proses enkapsulasi didasarkan pada membuat tetapan (droplet) pertama dari zat aktif (dalam bentuk gas, cair atau bubuk) dan tetapan ini kemudian dikelilingi oleh operator materi dalam gas atau fasa cair melalui proses fisika-kimia yang berbeda. Teknik yang digunakan untuk mikroenkapsulasi yaitu spray drying, *spray cooling/chilling*, *fluidisasi bed drying*, *melt extrusion*, *melt injection*, *centrifugal extrusion*, *coacervation*, pemerangkapan liposome, co-kristalisasi, emulsifikasi, separasi suspensi berotasi dan inklusi molekuler (Nicolaas dan Eyal, 2010). Diantara semuanya, koacervasi dilanjutkan dengan spray drying yang menarik, karena biayanya efektif, untuk menghasilkan mikro kapsul, dan operasi proses relatif sederhana, dan paling cocok untuk enkapsulasi minyak rempah dan oleoresin. Dalam spray drying pada oleoresin ampas jahe yang dilakukan oleh Fatchul., dkk (2014), mereka berhasil mendapatkan efisiensi mikroenkapsulasi oleoresin ampas jahe tertinggi pada sampel dengan rasio oleoresin : maltodekstrin 1:1,67 dengan estimasi ukuran 1,05-12,90 μm . Tahap

satu yaitu dengan membuat larutan materi dinding yang diinginkan untuk diemulsikan dalam larutan zat aktif, dilanjutkan dengan atomisasi dalam udara panas, penguapan air, dan pemisahan produk.

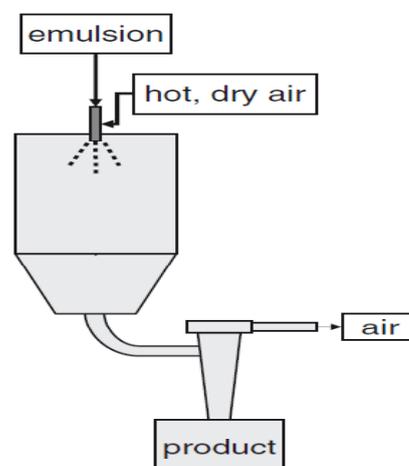
Beberapa alasan untuk menerapkan mikroenkapsulasi di industri makanan, yaitu: untuk mengurangi reaktivitas *core* dengan faktor lingkungan; mengurangi *transfer rate* dari bahan inti dengan lingkungan luar; untuk mempromosikan penanganan lebih mudah; untuk mengontrol pelepasan bahan inti; untuk menutupi rasa inti; dan akhirnya ke mencairkan bahan inti ketika harus digunakan hanya sangat jumlah kecil (Shahidi dan Han, 1993). Dalam bentuk yang paling sederhana, mikrokapsul adalah bola kecil dengan dinding seragam di sekitarnya. Bahan dalam mikrokapsul disebut sebagai inti, fase internal, atau pengisi, sedangkan dinding kadang-kadang disebut *shell*, lapisan, dinding materi, atau membran. Praktis, inti mungkin sebuah material kristal, adsorben partikel bergerigi, emulsi, sebuah suspensi padatan, atau suspensi dari mikrokapsul lebih kecil. Mikrokapsul bahkan mungkin memiliki beberapa dinding pelapis (Adem *et al.*, 2007).

Mikroenkapsulasi memiliki beberapa manfaat di industri makanan yaitu: penanganan unggul dari agen aktif (misalnya, konversi agen aktif cair ke bubuk, yang mungkin bebas debu, bebas mengalir, dan mungkin memiliki lebih bau netral), imobilitas agen aktif dalam sistem pengolahan makanan, peningkatan stabilitas pada produk akhir dan selama pemrosesan (yaitu, mengurangi penguapan agen aktif yang mudah menguap dan tidak ada degradasi atau reaksi dengan komponen lainnya dalam produk makanan seperti oksigen atau air), peningkatan keamanan (misalnya, mengurangi sifat mudah terbakar dari volatil seperti aroma), menjadi terlihat dan efek tekstur secara isyarat visual, sifat *Adjustable* pada komponen aktif (ukuran partikel, struktur, minyak atau larut dalam air, warna), *controlled Release* (diferensiasi, rilis oleh stimulus yang tepat) (Nicolaas dan Eyal, 2010).

Salah satu penelitian mengenai mikroenkapsulasi phycocyanin yang pernah dilakukan yaitu dengan metode *extrusion* menggunakan bahan dinding pelapis alginat dan kitosan. Pada penelitian tersebut diperoleh kondisi proses optimum dengan konten alginat 2,5%, rasio phycocyanin ke alginat 1,5: 1, kandungan kalsium klorida 2,5%, dan konten kitosan 2,0% (Mingyan *et al.*, 2013).

Spray Drying sebagai Metode Mikroenkapsulasi

Spray drying adalah satuan operasi dimana produk cair dikabutkan pada saat gas panas masuk untuk memperoleh bubuk. Gas yang digunakan umumnya adalah udara atau kadang-kadang memakai gas inert seperti nitrogen. Tahap pertama yang dilakukan memasukkan umpan cair awal pada *sprayer*, bisa berupa larutan, emulsi atau suspensi. Hasil spray drying tergantung pada bahan umpan masuk dan kondisi operasi, bubuk yang sangat halus (10-50 μm) atau partikel ukuran besar (2-3 mm). Pelepasan molekul air dengan larutan spray drying adalah praktek rekayasa yang umum. Dengan mengurangi kadar air dan aktivitas air, spray drying umumnya digunakan dalam industri makanan untuk memastikan stabilitas mikrobiologis produk, menghindari risiko kimia dan / atau degradasi biologis, mengurangi biaya penyimpanan dan transportasi, dan akhirnya memperoleh produk dengan sifat khusus. Proses spray drying telah dikembangkan sehubungan dengan pembuatan susu kering. Namun, ketika susu dari proses spray drying dianggap sebagai suatu mikroenkapsulasi, lemak susu menjadi materi inti yang dilindungi terhadap oksidasi oleh bahan dinding yang terdiri dari campuran laktosa dan protein susu. Pada saat pencampuran, karbohidrat menyediakan struktur melalui pembentukan kaca sedangkan protein menyediakan emulsifikasi dan membentuk sifat khusus (Adem *et al.*, 2007). Gambaran umum spray dryer dengan aliran co-current dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Spray dryer dengan aliran co-current



Spray dryer banyak digunakan pada industri pangan karena beberapa produk pangan sangat sensitif terhadap panas dan produk-produk bubuk biasanya menarik bagi konsumen. Mikroenkapsulasi menawarkan solusi bagi permasalahan-permasalahan tersebut. Teknologi ini dapat mengkonversi suatu cairan menjadi bubuk dengan cara membungkus cairan tersebut dalam suatu bahan pengkapsul dalam ukuran yang sangat kecil ($0,2-5.000 \mu\text{m}$) (King, 1995). Dalam bentuk bubuk, penanganan, penakaran dan pencampurannya ke dalam makanan dan minuman menjadi lebih mudah. Karena terbungkus di dalam kapsul, cairan atau bahan aktif tersebut terlindung dari pengaruh lingkungan yang merugikan seperti kerusakan-kerusakan akibat oksidasi, hidrolisis, penguapan atau degradasi panas. Dengan demikian, bahan aktif akan mempunyai masa simpan yang lebih panjang serta mempunyai kestabilan proses yang lebih baik. Selain itu, pelepasan bahan aktif dari dalam kapsul juga dapat dikendalikan sehingga efektifitasnya dapat dirancang sesuai dengan keinginan. Tantangan aplikasi teknologi mikroenkapsulasi terletak pada pemilihan teknik mikroenkapsulasi dan bahan pengkapsul (*encapsulating material* atau *coating wall*) yang tepat sehingga kapsul dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Penerapan proses spray drying pada mikroenkapsulasi melibatkan tiga langkah dasar (Dziezak, 1988) yaitu: persiapan dispersi atau emulsi untuk diproses, homogenisasi dispersi, dan atomisasi dari massa ke dalam ruang pengering. Tahap pertama adalah pembentukan emulsi yang baik dan stabil dari bahan inti dalam larutan dinding. Campuran disiapkan dengan mendispersikan bahan inti, yang biasanya hidrofobik, ke dalam larutan agen pelapis. Dispersi harus dipanaskan dan dihomogenkan, dengan atau tanpa penambahan pengemulsi tergantung pada sifat pengemulsi bahan pelapis karena beberapa dari mereka memiliki aktifitas antar muka sendiri. Dalam proses spray drying, tetesan emulsi awal berada pada ukuran diameter $1-100 \mu\text{m}$. Sebelum langkah spray drying, emulsi yang terbentuk harus stabil selama periode waktu tertentu (Liu *et al.*, 2001), tetesan minyak harus agak kecil dan viskositas harus cukup rendah untuk mencegah masuknya udara dalam partikel (Drusch, 2006).

Pembentukan mikrokapsul dengan metode spray-drying terjadi ketika larutan atau suspensi yang mengandung bahan aktif diatomisasi atau disemprotkan pada ruang pengering, dan mikropartikel yang terbentuk sebagai droplet atomisasi dikeringkan dengan gas pembawa yang dipanaskan (Munin, 2011). Produk mikrokapsul dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan, kosmetika, dan farmasi, dengan memanfaatkan senyawa bioaktifnya. (Sutrisno, 2005). Komposisi material pelapis menentukan sifat fungsional mikrokapsul. Pada umumnya material tersebut adalah *hydrocolloids*, *vegetable gums*, pati termodifikasi, *dextrins*, dan *lipids*.

Beberapa penelitian mikroenkapsulasi dengan metode spray drying yang sudah dilakukan diantaranya mikroenkapsulasi kapulaga oleoresin dengan spray drying menggunakan gum arab, maltodekstrin, dan pati modifikasi sebagai bahan dinding. Spray drying dianggap cocok dalam enkapsulasi minyak dan oleoresin (Krishnan *et al.*, 2005). Penelitian yang lain mengenai mikroenkapsulasi lycopene dengan spray drying menggunakan system dinding yang terdiri dari gelatin dan sukrosa dengan rasio gelatin : sukrosa adalah $3/7$ dan rasio bahan inti : bahan dinding pelapis adalah $1/4$ (Shu *et al.*, 2006).

Maltodekstrin sebagai Bahan Dinding Pelapis Mikrokapsul

Proses pembuatan mikrokapsul dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan dapat menggunakan beberapa pilihan bahan sebagai pelapis. Bahan dinding enkapsulasi yang digunakan dalam proses atau produk makanan harus menjadi kualitas makanan dan mampu membentuk sebuah penghalang untuk agen aktif dan sekelilingnya (Nicolaas dan Eyal, 2010). Bahan pelapis mikrokapsul bisa menggunakan bahan dari karbohidrat seperti dekstrin, gula atau pati. Bahan lain dapat juga berasal dari protein seperti gelatin dan protein kedelai. Sedangkan salah satu metode yang umum digunakan dalam industri yaitu menggunakan alat spray drying. Spray drying merupakan salah satu teknik mikroenkapsulasi yang cocok untuk senyawa yang sensitif terhadap panas dan umumnya digunakan dalam industri farmasi dan makanan (Goula *et al.*, 2004; Cal dan Sollohub, 2010). Bahan pelapis yang umum digunakan untuk proses spray drying termasuk karbohidrat, arab gum, turunan selulosa semi sintesis dan polimer sintesis (Ersus dan Yurdagel, 2007; Khaet *et al.*, 2010). Setiap bahan pelapis (*carrier/coating*) mempunyai keuntungan dan kerugian terhadap sifat-sifat, harga dan efisiensi enkapsulan. Saat ini maltodekstrin, turunan pati modifikasi yang bisa dilarutkan, digunakan secara individu atau dalam kombinasi dengan bahan lain pada proses pembuatan makanan dan obat-obatan dari ekstrak tumbuhan, pengawet aromatik dan vitamin (Pierucci *et al.*, 2006; Bae dan Lee, 2008).

Maltodekstrin mempunyai berbagai segi fungsi mencakup pembesaran dan sifat-sifat pembentukan film, kemampuan pengikat rasa dan lemak, serta mereduksi *permeability* oksigen pada matriks dinding (Bae dan Lee, 2008; Drusch *et al.*, 2006). Beberapa alasan yang mendasari maltodekstrin untuk bahan mikroenkapsulasi seperti yang dikatakan Wilson dan Shah (2007) ; Aakash *et al.* (2014); Jyothis *et al.* (2012) yaitu: maltodekstrin dapat mengurangi reaktifitas bahan inti dengan lingkungan, *controlled release* yang cocok untuk bahan inti obat-obatan, maltodekstrin dapat meningkatkan proses dan tekstur, maltodekstrin dapat memperkuat kelarutan.

Beberapa penelitian mikroenkapsulasi yang menggunakan maltodekstrin sebagai bahan dinding pelapis sudah dilakukan diantaranya pada proses mikroenkapsulasi oleoresin ampas jahe (Fatchul dkk., 2014). Dalam penelitian itu, efisiensi mikroenkapsulasi oleoresin ampas jahe yang tertinggi ada pada sampel dengan rasio oleoresin : maltodekstrin = $1:16,7$ dengan estimasi ukuran partikel berkisar $1,05-12,90 \mu\text{m}$. Pada penelitian lain yang dilakukan





mengenai stabilitas kapulaga oleoresin dalam campuran maltodekstrin, gum arab dan pati modifikasi juga cocok dan efisien digunakan sebagai bahan dinding pelapis mikroenkapsulasi dengan rasio gum arab : maltodekstrin : pati modifikasi (4/6 : 1/6 : 1/6) (Kanakdande *et al.*, 2007).

Kesimpulan

Phycocyanin dari mikroalga merupakan sumber protein, karbohidrat dan lemak alami yang dapat digunakan sebagai sumber obat-obatan dan pangan fungsional. Namun phycocyanin bersifat sensitif terhadap cahaya, panas dan oksigen sehingga mempunyai masa simpan yang terbatas. Selain itu, bentuknya berupa cairan kental yang lengket menyulitkan penanganannya. Mikroenkapsulasi dengan spray drying menawarkan solusi bagi permasalahan tersebut. Dengan mikroenkapsulasi spray drying, bahan aktif akan terlindung dari pengaruh lingkungan yang merugikan selama penyimpanan maupun selama pengolahan. Mikroenkapsulasi dengan spray drying juga dapat mengkonversi cairan menjadi bubuk padatan sehingga memudahkan penanganan dan pengemasannya. Salah satu bahan dinding yang cocok digunakan sebagai bahan dinding pelapis mikroenkapsulasi phycocyanin adalah maltodekstrin karena kemampuan pengikat rasa dan lemak, serta mereduksi *permeability* oksigen pada matriks. Hingga saat ini, masih diperlukan kajian dan pengetahuan mendalam mengenai kondisi operasi untuk menghasilkan produk mikro kapsul phycocyanin yang lebih efektif dan ekonomis.

Daftar Pustaka

- Aakash, P., Siddharth A, Kirtesh R. (2014). A Review on applications of Maltodextrin in Pharmaceutical Industry. Department of pharmaceutical science and technology. page 67, volume 4, 67-74
- Adem, G., Gaele, R., Odile, C., Andree, V., Remi Saurel. (2007). Applications of spray drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. Food Research International. 1107-1121
- Ansel H C. 2007. Pengantar Bentuk Sediaan Farmasi. Terjemahan dari Introduction to Pharmaceutical Dosage Forms oleh Farida Ibrahim. Hal: 293-294
- Azimatun, N. M. M. (2014). Potensi mikroalga sebagai sumber pangan fungsional di Indonesia (overview). Teknik Kimia UPN Yogyakarta. Eksergi, vol 11, No. 2
- Bae, E.K., & S.J. Lee., (2008). Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. Journal of Microencapsulation, 25(8): 549-560.
- Becker, E.W., 2007, Micro-algae as source of protein. Biotechnology Advances .Vol. 25:207-210.
- Cal K., Sollohub K. (2010). Spray drying technique. I. Hardware and process parameters. J. Pharm. Sci. 99, 575–586. 10.1002/jps.21886
- Christwardana, M., Nur, M.M.A., Hadiyanto. (2013). Spirulina plantensis: Potensinya sebagai bahan pangan fungsional - Review. Universitas Diponegoro.
- Drusch, S., Serfert, Y., Van Den Heuvel, A., & Schwarz, K. (2006). Physicochemical characterization and oxidative stability of fish oil encapsulated in an amorphous matrix containing trehalose. Food Research International, 39, 807–815.
- Dziezak, J. D. (1988). Microencapsulation and encapsulated ingredients. Food Technology (April), 136–151.
- Ersus, S., Yurdagel, U., 2007. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray dryer. Journal of Food Engineering 80, 805–812.
- Fatchul, A. N., Purnama, D., Yudi, P. (2014). Mikroenkapsulasi oleoresin ampas jahe dengan penyalut maltodekstrin. Jurusan Teknologi Pangan Universitas Gajah Mada, vol.34, No.1.
- Francesca, S., Teresa, M., Patrizia, P. (2011). Maltodextrin/pectin microparticles by spray drying as carrier for nutraceutical extracts. Department of Pharmaceutical Science, University of Salerno, Italy. Journal of Food Engineering.
- Goula A.M., Adamopoulos K.G. & Kazakis N.A. 2004. "Influence of spray conditions on tomato powder properties". Drying Technology. 22 (5): 1129-1151.
- Henrikson, R. 2009. Earth Food Spirulina: How this remarkable blue-green alga can transform your health and our planet. Ronore Enterprises, Inc., Hana.
- Jyothi, S., et al. (2012). Microencapsulation: a review.
- Kanakdande, D., Bhosale, R., & Singhal, R. S. (2007). Stability of cumin oleoresin microencapsulated in different combination of gum arabic, maltodextrin and modified starch. Carbohydrate Polymers, 67, 536–541.
- King, A. H. (1995). Encapsulation of food ingredients: A review of available technology, focusing on hydrocolloids. In S. J. Risch & G. A. Reineccius (Eds.), Encapsulation and controlled release of food ingredients. ACS symposium series
- Landau, M. (1992). Introduction to Aquaculture. Jhon Wiley & Sons. Inc. Canada





- Liu, X-D., Atarashi, T., Furuta, T., Yoshii, H., Aishima, S., Ohkawara, M., et al. (2001). Microencapsulation of emulsified hydrophobic flavours by spray drying. *Drying Technology*, 19, 1361–1374.
- Mingyan Yan, Bing Liu, Xudong Jiao, & Song Qin. (2013). Preparation of phycocyanin microcapsules and its properties. *Food and Bioproducts Processing*, 92, 89-97
- Munin, Aude & Florence Edwards-Lévy. 2011. Encapsulation of Natural Polyphenolic Compounds; a Review. France: *Pharmaceutical Journal* ISSN 1999-4923. Hal 793-829
- Nicolaas Jan Zuidam and Eyal Shimoni. (2010). Overview of Microencapsulates for Use in Food. Springer Science+Business Media, DOI 10.1007/978-1-4419-1008-0_2.
- Pierucci, A. P. T. R., Andrade, L. R., Baptista, E. B., Volpato, N. M., & Rocha-Leaˆo, M. H. M. (2006). New Microencapsulation system for ascorbic acid using pea protein concentrate as coat protector. *Journal of microencapsulation*, 23, 654–662.
- Potvin, G., Zhang, Z., 2010, Strategies for high level recombinant protein expression in transgenic microalgae: A review. *Biotechnology Advance*, Vol 28: 910-918.
- Prakash, S., Bhimba, B.V., 2004, Pharmaceutical development of novel microalgael comounds for Mdr Mycobacterium tuberculosis. *Natural product radiance*, Vol. 4 (4): 264-269.
- Shahidi, F., & Han, X. Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 33, 501–547.
- Shu, B., Yu, W., Zhao, Y., & Liu, X. (2006). Study on microencapsulation of lycopene by spray-drying. *Journal of Food Engineering*, 76, 664–669.
- Suhartono, MT. & Angka, S.L. (2000). *Bioteknologi Hasil Laut*. PKSPL-IPB. Edisi Pertama
- Sutrisno Koswara. (2005). *Teknologi enkapsulasi flavor rempah-rempah*, www.ebookpangan.com
- Weil, A. (2000). *Green Food Spirulina, Blue-Green Agae and Chorella*.
- Wilson, N. and N. Shah. (2007). Microencapsulation of Vitamins. *ASEAN Food Journal*. 14(1): p. 1-14.





Lembar Tanya Jawab

Moderator : Akbarningrum Fatmawati (Ubaya Surabaya)

Notulen : Retno Ringgani (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Lestari (Politeknik LPP)
Pertanyaan : Mengapa memilih metode Spray drying?
Jawaban : Karena lebih bisa ekonomis untuk kapasitas yang lebih banyak..
2. Penanya : Fritny (UKSW)
Pertanyaan : Bagaimana kontrol releasenya?
Jawaban : Dengan diujicobakan tidak langsung ke manusia.

